This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Digitized by Google

ARC
0900

WHITNEY LIBRARY,

HARVARD UNIVERSITY.

THE GIFT OF

J. D. WHITNEY,

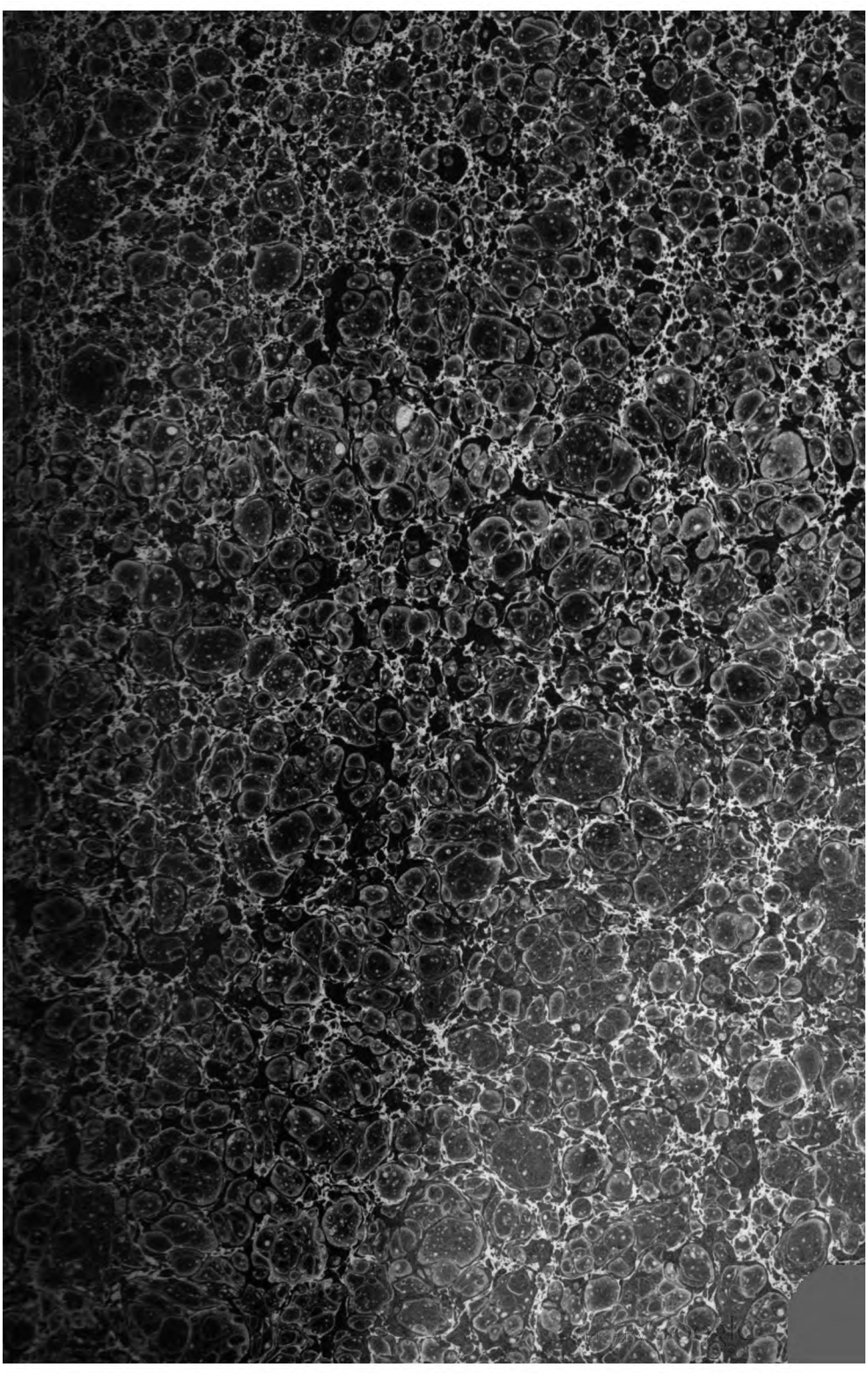
Sturgis Hooper Professor

IN THE

MUSEUM OF COMPARATIVE ZOÖLOGY

12263

December 4, 1889.



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Digitized by Google

GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT

Digitized by Google

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME TRENTE-SEPTIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE — GEORGES BRIDEL

NEUCHATEL — DELACHAUX ET SANDOZ

Jm 1870

Digitized by Google

Digitized by Google

NOTICE SUR LA CINQUIÈME ANNÉE

DES

OBSERVATIONS THERMOMÉTRIQUES ET PLUVIOMÉTRIQUES SUISSES

AINSI QUE SUR LES

RÉSULTATS DES CINQ ANNÉES SOUS LE RAPPORT

DU DÉCROISSEMENT DE LA TEMPÉRATURE AVEC LA HAUTEUR

Lue à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, dans la séance du 4 novembre 1869,

PAR

M. le Professeur GAUTIER.

L'année météorologique comprise entre les mois de décembre 1867 et de novembre 1868 présente de l'intérêt sous plusieurs rapports; elle a été en général chaude et sèche, et les principales récoltes y ont été fort bonnes. Mais elle a donné lieu, en Suisse, à quelques intempéries locales, et tout particulièrement à la terrible inondation qui a dévasté, en automne, quelques districts des cantons de la Suisse orientale. En qualité de cinquième année d'observation du réseau suisse, elle permet d'obtenir déjà, pour la plupart des stations, des moyennes d'une demi-décade, et d'en déduire des résultats de quelque valeur. M. le professeur Rodolphe Wolf, directeur de l'observatoire fédéral de Zurich et du bureau central qui y est établi pour les observations météorologiques, a bien apprécié cette circonstance, en joignant, dans le cahier de novembre 1868 du Recueil in-4° de ces observations, au tableau des moyennes de la dernière année, celui des moyennes générales mensuelles

Digitized by Google

et annuelles de la température, ainsi que de celles d'hiver et d'été, résultant des cinq années d'observations, en 67 stations, sauf un petit nombre d'entre elles où les résultats ne comprennent que quatre ans.

Dans cette Notice, qui fait suite aux quatre précédentes que j'ai eu l'honneur de présenter à notre Société, je m'occuperai d'abord des températures d'année et de saisons, ainsi que de l'eau de pluie et de neige, pour cette cinquième année d'observations ; j'examinerai ensuite les résultats des cinq années, sous le rapport des températures et de leur décroissement avec la hauteur, soit d'après l'ensemble des observations, soit d'après celles faites en hiver et en été.

Températures.

Le tableau ci-joint renferme les températures moyennes des quatre saisons et de l'année comprise entre décembre 1867 et novembre 1868, résultant des observations faites en 68 stations suisses. Le tableau publié par M. Wolf en contient 72, mais les observations faites à Fribourg, St-Imier, Thusis et à la Bernina, qui présentent de nombreuses lacunes, ne font pas partie du mien. J'y ai admis, cependant, celles de Bex où il manque quatre mois, celles d'Auen, canton de Glaris, où il en manque deux, et celles de Schwartzenbourg, de Boezberg et du Righi-Kulm, où il en manque un. Remüs ne s'y trouve plus, mais Schwartzenbourg et Sursée y figurent pour la première fois. Cette dernière station parait être froide, quoique le thermomètre y ait atteint une grande élévation en été. J'ai joint, dans le tableau, pour celles où il y a eu quatre à cinq années d'observations, aux températures moyennes de la cinquième année, celles résultant

Digitized by Google

de l'ensemble des observations, d'après le tableau calculé au Bureau central de Zurich, ce qui permet de comparer les moyennes de la dernière année avec les moyennes quinquennales. J'ai continué, comme pour les années précédentes, à donner pour Genève, le Simplon et le Saint-Bernard, les températures résultant de la moyenne des trois mêmes heures d'observations diurnes que dans les autres stations, afin qu'elles soient plus comparables entre elles.

L'année dernière a été généralement une année chaude pour la Suisse, jusqu'à environ 1200 mètres d'altitude, mais pour les stations plus élevées, la température moyenne annuelle y a été, sauf en quelques cas, plutôt inférieure à sa valeur quinquennale.

Les mois de décembre 1867, de janvier, mars, avril et novembre 1868 ont été, à Genève et au Saint-Bernard, un peu plus froids qu'ils ne le sont généralement, comme cela résulte du tableau de la page 94 du dernier *Résumé météorologique* de M. le professeur Plantamour, publié dans le cahier d'octobre 1869 de nos *Archives*. Il y a eu, le 6 décembre 1867, à Genève, une couche de neige d'environ 7 ½ centimètres d'épaisseur, qui n'a fondu entièrement qu'au bout de six à sept jours. Il y en a eu encore un peu, à trois reprises, en janvier 1868, et une couche de 20 centimètres le 10 mars, qui a couvert le sol pendant deux jours. Enfin, le 6 novembre, il a neigé à Genève pendant vingt-quatre heures, ce qui a occasionné, dans son voisinage, la rupture de beaucoup de branches d'arbres, et a recouvert, pendant plusieurs jours, le sol d'une couche de neige qui a atteint 10 centimètres de hauteur. Les principales de ces chutes de neige ont eu lieu à une époque de l'année où il en tombe peu en général.

Digitized by Google

Les mois de mai, juin et septembre 1868 ont été en revanche, à Genève et dans toute la Suisse, notablement plus chauds que de coutume. Le mois de mai surtout a présenté une élévation de température extraordinaire, qui a été très-favorable aux récoltes. On trouve, en chaque station, une différence de 8 à 10 degrés entre la moyenne d'avril et celle de mai ; cette dernière a été plus élevée à Genève de 4°,7 que celle des quarante années 1826 à 1845, et plus élevée aussi de 4°,87 au Saint-Bernard que celle des vingt-sept années 1841 à 1867. Aussi le printemps a-t-il présenté, dans ces deux stations, une température sensiblement plus chaude que la moyenne, et il en a été de même de l'été. M. Plantamour remarque, dans son *Résumé*, que la série des huit années 1861 à 1868 manifeste, à l'exception de 1864, une élévation soutenue dans la température.

Bevers, en Engadine, a présenté l'année dernière, comme dans d'autres, avec une altitude de 1715 mètres seulement, le point extrême de froid, de 28°,7 centigrades, observé en Suisse le 1er janvier 1868. Le thermomètre est descendu, le même jour, à 27° au Saint-Gothard, à 26°,3 à Andermatt, et à 26° à Zernetz. Le *minimum* annuel n'a été que de 20°,4 au Saint-Bernard, le 3 décembre 1867. Il a été à Genève, le 3 janvier, de 10°,1 ; à Montreux, le 1er janvier, de 9°,3 ; à Bâle et à Aarau, de 14°,2 le 4 janvier, etc.

Quant au *maximum* thermométrique de l'année, c'est Genève qui a eu le dessus, même sur Bellinzone et Lugano, la température s'y étant élevée à 34°,9 le 26 juillet, tandis qu'elle a atteint seulement, le même jour, 33°,3 à Lugano, et 33°,2 à Bellinzone le 28 mai (peut-être, dans ces deux stations, n'y a-t-il pas encore de thermomètre à

Digitized by Google

maximum). On a eu 34° à Marschlins le 16 août; 33°,5, soit à Sursée le 22 juillet, soit à Kaisersthul le 23; 33°,2 à Neuchâtel le 22 juillet; 31°,3 à Montreux le 27, et 18°,4 le 26 au Saint-Bernard.

A Lausanne, d'après les observations de M. le professeur Marguet, la température moyenne de l'année qui nous occupe a été de 9°,75; celle des quatre saisons a été :

Pour l'hiver 0°,08; le printemps 10°,22; l'été 18°,6; l'automne 10°,6. Le thermomètre à *maximum* a atteint 30° le 10 août.

Le tableau de M. Wolf, des moyennes quinquennales, en renferme quelques-unes de quatre ans seulement, qui manquent dans le mien, parce que les observations n'ont pas eu lieu en ces stations dans la cinquième année. Je vais les rapporter ici, en y joignant les moyennes d'hiver et d'été.

	Altitude.	Températures moyennes annuelles.	d'hiver.	d'été.
	Mètres.	°	°	°
Rathausen (Lucerne) ..	440	9,02	0,07	17,60
Glaris.....	473	8,51	—0,48	16,40
Thusis (Grisons).....	711	8,73	—1,64	18,41
Saint-Imier (Berne) ...	833	7,57	—1,12	15,49
Remüs (Grisons).....	1245	5,70	—3,85	14,53
Bernina »	1873	2,44	—4,94	10,75

Les moyennes de quatre à cinq ans s'écartent peu, en général, des moyennes annuelles, et manifestent toujours, dans le même sens, les différences locales de température déjà remarquées entre des stations situées à peu près à la même hauteur. Ainsi, Montreux, Gersau, Sion, Altorf, Græchen, sont des stations comparativement chaudes, tan-

Digitized by Google

dis que Bevers, Andermatt, le Grimsel, Sils, Reckigen, Einsiedeln, Engelberg, Ponts-de-Martel, Berne, Saint-Gall, Soleure et Aarau, sont des stations plus ou moins froides.

On peut voir, d'après la colonne des moyennes quinquennales de mon tableau, quelles sont les stations les plus favorables sous le rapport de la température moyenne annuelle. Les deux plus chaudes sont naturellement Bellinzone et Lugano; puis on trouve, en allant successivement en décroissant : Sion, Montreux, Castasegna, Genève et Martigny. Ces deux dernières stations ont la même moyenne annuelle 10°,0; l'hiver étant plus froid à Martigny qu'à Genève, mais l'été y étant plus chaud. Viennent ensuite, toujours dans l'ordre du décroissement des températures, entre 9°,9 et 7°,8 : Brusio, Bâle, Bex, Altorf, Neuchâtel, Coire, Sargans, Zurich, Olten, Schaffhouse, Brienz, Interlach, Aarau, Soleure, Schwytz, Berne et Saint-Gall. Gersau sera probablement intermédiaire entre Montreux et Genève. Les trois premières années d'observations avaient donné 9°,7 pour Morges.

On doit remarquer que toutes ces moyennes, se fondant seulement sur trois observations diurnes, faites à sept heures du matin, une heure et neuf heures du soir, doivent être abaissées d'environ $^1/_5$ de degré pour donner les vraies températures moyennes.

Eau de pluie et de neige.

Le cahier de novembre 1868 du Recueil des observations suisses, contient un tableau mensuel et annuel de l'eau tombée pendant la cinquième année en quarante-deux stations, ainsi que les valeurs *minima* et *maxima*, de cet élément, obtenues, en ces mêmes stations, pendant

Digitized by Google

les cinq ans. J'ai cherché à compléter, d'après les cahiers mensuels, les valeurs annuelles pour les stations non comprises dans le tableau de M. Wolf, et il n'en reste plus que quatre : Bex, Soleure, le Saint-Gothard et le Julier, où cette donnée manque dans mon tableau.

L'année 1868 n'a pas été très-pluvieuse dans le centre et l'ouest de la Suisse. A Genève, par exemple, il n'est tombé que 682^{mm},8 d'eau de pluie et de neige, soit 141 millimètres de moins que la quantité moyenne. L'eau tombée au Saint-Bernard (1075^{mm},9) a été beaucoup moins abondante que de coutume, surtout en hiver, où il y a eu très-peu de neige. A Neuchâtel, Berne, Zurich et Bâle, il y a eu assez peu de pluie, sauf dans les mois d'août, septembre et octobre, qui ont été généralement pluvieux en Suisse. C'est dans ces trois mois qu'il y a eu malheureusement, pendant quelques jours consécutifs, d'énormes chutes de pluie dans les cantons d'Uri, de Glaris, du Valais, des Grisons et du Tessin, qui y ont occasionné, dans bien des localités, de grands désastres. Ainsi, il est tombé :

Du 26 au 28 septembre,	540 $^1/_2$	millimèt.	d'eau	au Bernardin.
Du 18 au 30 du même mois,	468	»	»	au St-Gothard.
» »	379,5	»	»	au Splügen.
» »	363,3	»	»	à Castasegna.
» »	348,9	»	»	à Lugano.
» »	418,5	»	»	à Bellinzone.
Du 1er au 5 octobre, il en est encore tombé,	611,4	»	»	au Bernardin.
» »	393,0	»	»	au St-Gothard.
» »	304,1	»	»	au Splügen.
» »	329,2	»	»	à Castasegna.
» »	195,6	»	»	à Lugano.
» »	391	»	»	à Bellinzone.

Digitized by Google

Les stations où il y en a eu le plus dans la cinquième année ont été :

				mm
le Bernardin,	où il est en tombé en		10 mois	3201,6
Auen (Glaris),	»	»	12 mois	2209,8
le Grimsel,	»	»	»	2194,9
Lugano,	»	»	»	2031,9

Celles où il y en a eu le moins, sont : Martigny 638mm ; Lohn 641,8 ; Græchen 644,9 et Sion 648,1.

Décroissement de la température, en Suisse, avec la hauteur.

MM. Plantamour et Hirsch se sont déjà occupés de ce sujet, d'après la comparaison des observations en quelques stations, et j'ai fait mention, dans ma précédente Notice, des recherches de ce dernier. Le tableau des températures moyennes quinquennales, mentionné plus haut, fournit des éléments plus étendus, et permet de déterminer la loi de décroissement, non-seulement pendant l'année entière, mais aussi en hiver et en été.

Quand on examine, dans ce tableau, les différences de température moyenne qui ont lieu entre les stations placées à diverses altitudes, on voit, au premier coup d'œil, que ces différences de température sont toujours plus petites en hiver qu'en été, et ne sont, dans certains cas, en hiver, que la moitié ou le tiers de celles d'été, pour une même différence de hauteur au-dessus du niveau de la mer. On doit l'attribuer à ce que l'action du soleil, dans les longs jours d'été, où ses rayons se rapprochent davantage de la direction verticale, réchauffe beaucoup plus le sol et les couches basses de l'atmosphère que les supérieures,

Digitized by Google

de manière à produire un décroissement de température avec la hauteur beaucoup plus rapide en été qu'en hiver.

Il y a ensuite les différences locales de température que j'ai rappelées plus haut, et qui sont aussi plus sensibles en hiver qu'en été. Ainsi, la comparaison de quelques moyennes d'hiver semblerait manifester un accroissement plutôt qu'un décroissement de température avec la hauteur, et, quand le décroissement est trop faible, par l'effet de ces circonstances locales, il doit être évidemment éliminé des résultats.

J'ai formé divers groupes de stations plus ou moins basses, situées dans le voisinage des stations les plus élevées; en divisant la différence, en mètres, de leurs altitudes respectives, par celle de leur température moyenne, annuelle, hivernale et estivale, exprimée en degrés centigrades et centièmes de degré, j'ai obtenu, dans chaque cas, le nombre de mètres et dixièmes de mètre d'altitude, correspondant à un abaissement d'un degré centigrade de température.

Je dois entrer, maintenant, dans quelques détails sur ces divers groupes, en me bornant, cependant, à rapporter le résultat moyen de chacun d'eux.

Le premier, par ordre d'altitude, est celui autour du grand *Saint-Bernard*. Il comprend huit autres stations plus basses, savoir : le Simplon, Græchen, Reckigen, Sion, Martigny, Bex, Montreux et Genève. Les valeurs obtenues, par la comparaison de ces stations avec ce col très-élevé, y marchent assez d'accord ; mais Reckigen, station froide, y compense Græchen, station chaude. En éliminant l'hiver pour Reckigen, la moyenne des huit comparai-

Digitized by Google

sons donne, pour la différence d'altitude correspondant à un décroissement de température d'un degré :

En hiver, 231,1 mètres ; en été, 154^{m},3 ; et dans l'année, 181^{m},8.

Le deuxième groupe est celui de dix stations autour du mont *Julier*, dans les Grisons, savoir : la Bernina, Sils, Zernetz, Platta, Churwalden, Closters, Reichenau, Coire, Marschlins et Sargans. Bevers, l'une des plus voisines du Julier, paraîtrait devoir être comprise dans ce groupe, mais sa température, extraordinairement froide, la rend tout à fait anormale. Quoique plus basse de 529 mètres que la station du Julier, l'hiver y est plus froid d'un demi-degré, et l'été n'y est plus chaud que de 3° $^{1}/_{2}$. Les dix autres stations donnent, en moyenne, pour l'élément qui nous occupe :

En hiver, 245^{m},7 ; en été, 165^{m},2 ; et dans l'année, 171^{m},5.

Le troisième groupe est celui que forment, autour du *Saint-Gothard*, les quinze stations suivantes : Grimsel, Andermatt, Platta, Reckigen, Einsiedeln, Brienz, Interlaken, Berne, Schwitz, Zurich, Glaris, Altorf, Bâle, Lugano, Bellinzone. Il ne s'y trouve pas d'élément très-discordant à éliminer, et les moyennes respectives donnent dans leur ensemble :

Pour l'hiver, 239^{m},7 ; pour l'été, 143^{m},4 ; et pour l'année, 165^{m}.

Le quatrième groupe est celui formé autour de la station du mont *Bernardin*, dans les Grisons, par les quatorze autres stations suivantes :

Sils, Splügen, Churwalden, Closters, Brusio, Castasegna, Thusis, Coire, Reichenau, Marschlins, Sargans, Altorf, Lugano et Bellinzone.

Digitized by Google

Celle de Splügen ne présentant, en hiver, qu'une différence moyenne de température d'un tiers de degré au-dessus de celle du Bernardin, malgré une différence d'altitude de 599 mètres, je l'ai éliminée pour l'hiver, de même que celle de Sils, plus basse de 260 mètres que le Bernardin, et où l'hiver est cependant plus froid, en moyenne, de 0°,65. Les valeurs conservées donnent, en moyenne, pour ce groupe :

En hiver, 246m,7 ; en été, 167°,2 ; et dans l'année, 184m.

Le cinquième groupe se compose de neuf stations autour de celle du Simplon, savoir :

Græchen, Reckigen, Brusio, Thusis, Castasegna, Sion, Martigny, Bellinzone et Lugano.

Il n'y a d'autres valeurs à en éliminer que celle de l'hiver pour Reckigen, vu la différence de un degré seulement entre sa température moyenne et celle du Simplon, malgré une différence d'altitude de 669 mètres. Les autres valeurs donnent en moyenne :

Pour l'hiver, 215m,8 ; pour l'été, 147m,8 ; et pour l'année. 165m,7.

C'est le groupe voisin de l'Italie, qui donne, comme on le voit, le plus rapide décroissement de température.

Le sixième groupe est situé autour de la station du *Righi-Kulm*, au centre de la Suisse, et comprend vingt-deux autres stations, savoir, par ordre d'altitude :

Chaumont, Beatenberg, Engelberg, Einsiedeln, Uetliberg, Brienz, Bœzberg, Berne, Interlach, Schwytz, Muri, Zurich, Altstætten, Altorf, Winterthur, Rathausen, Kreuzlingen, Frauenfeld, Schaffhouse, Olten, Aarau et Bâle.

Digitized by Google

La température moyenne d'hiver à Einsiedeln, n'étant au-dessus de celle du Righi-Kulm que de 1°,13, malgré une différence d'altitude de 874 mètres, je ne l'ai pas fait entrer dans les résultats, non plus que celle d'hiver à Engelberg, où il n'y a que 1°,35 d'écart de température moyenne pour 760 mètres de différence d'altitude.

Les résultats conservés donnent pour ce groupe :

En hiver, 340m,2 ; en été, 162m,2 ; et dans l'année, 204m.

Ce groupe central donne lieu à un décroissement de température relativement moins rapide que les précédents, surtout pour l'hiver.

Il en est de même des deux derniers groupes, dont l'un se compose de sept stations, assez voisines de celle de Chaumont, dans le canton de Neuchâtel; et l'autre de quatre stations près de l'Uetliberg, canton de Zurich.

Les stations autour de la montagne de *Chaumont*, sont : Neuchâtel, Saint-Imier, Berne, Soleure, Sainte-Croix, Vuadens et Affoltern.

Mais il n'y en a que quatre qui donnent un résultat acceptable pour l'hiver, les températures moyennes de cette saison à Saint-Imier, Berne et Vuadens, différant trop peu de celle de Chaumont, et la différence d'altitude étant d'ailleurs peu considérable. Les moyennes restantes donnent pour ce groupe :

En hiver, 308m,8 ; en été, 158m,2 ; et dans l'année, 206m,4.

Le groupe autour de l'*Uetliberg* comprend les stations de Zurich, Muri, Winterthur et Rathausen, qui donnent, en moyenne, les résultats suivants :

Pour l'hiver, 388m,7 ; pour l'été, 161m ; et pour l'année, 227m,6.

Digitized by Google

En résumé, si l'on fait la somme totale des résultats de chaque station dans chaque groupe, et qu'on en prenne la moyenne générale, on obtient les valeurs suivantes pour la différence moyenne d'altitude correspondant à un degré centigrade d'abaissement de la température en Suisse, d'après des comparaisons de quatre ou cinq ans d'observations :

En hiver, d'après.....	78	comparaisons,	280m,1
En été, d'après.....	89	»	159m,0
Dans l'année entière, d'après	89	»	186m,2.

Le chiffre élevé de ces comparaisons, tient à ce que quelques-unes des stations ont été employées à plusieurs reprises, comme points de comparaison. On n'y a cependant pas tenu compte des stations, anciennes ou nouvelles, où il a été fait moins de quatre ans d'observations.

Additions au cinquième volume des observations Suisses.

Comme dans les années antérieures, M. Wolf a fait précéder le recueil des observations mensuelles, dans chacune des soixante-douze stations de la cinquième année, d'un préambule, daté du 27 juillet 1869, dans lequel il donne quelques détails sur cette publication.

Les travaux du Bureau météorologique central de Zurich ont continué a être effectués, sous sa direction, par MM. Graberg et Mayer, assistés, en partie, par M. Fluck.

M. Graberg ne s'occupe plus, maintenant, que des tableaux graphiques, qui sont joints aux cahiers mensuels, et dont j'ai déjà parlé dans ma précédente Notice. On a

Digitized by Google

continué à insérer, à la fin de ces cahiers, les résultats d'anciennes observations faites à Berne, à Bâle et sur l'Uetliberg.

M. Wolf a fait suivre son préambule de deux petits mémoires additionnels, dont l'un, rédigé par M. le professeur C. Cramer, de Zurich, a pour titre : *Sur quelques chutes de poussière météorique et sur le sable du Sahara.* L'auteur y décrit, en détail, soit les diverses substances organiques contenues dans le sable du désert du Sahara Algérien, rapporté par M. Escher de la Linth, soit celles recueillies, dans les Grisons, en janvier 1867, après une chute de neige rouge, et qui ont déjà été l'objet d'un petit mémoire de M. Killias, dans le quatrième volume du Recueil.

M. Cramer a joint à ses descriptions, faites à l'aide du microscope, deux planches. La comparaison qu'il a faite de ces substances, recueillies en Suisse, avec les autres, lui démontre la possibilité qu'elles viennent aussi, en partie, du Sahara par le Föhn ; mais il ne me paraît pas regarder le fait comme étant encore définitivement prouvé.

Le deuxième petit mémoire est une notice de M. le professeur Hirsch, directeur de l'observatoire de Neuchâtel, sur le thermomètre à *minimum* et à *maximum* de MM. Hermann et Pfister à Berne.

J'ai déjà eu l'occasion de décrire sommairement ce thermomètre métallique dans ma précédente Notice, et d'en parler avantageusement, d'après les épreuves auxquelles M. Wolf l'avait soumis. M. Hirsch, après un examen approfondi, dont tous les détails se trouvent dans son petit mémoire, confirme entièrement l'opinion favorable que M. Wolf en avait conçu. Il a déjà remis un thermomètre de ce genre dans les stations neuchâteloises

Digitized by Google

de Chaumont et de Ponts-Martel, et il croit qu'on peut les confier sans inconvénient aux observateurs ordinaires.

M. Hirsch annonce, à la fin de sa Note, que M. Hipp a construit, dernièrement, pour l'établissement central de Vienne, un *thermomètre électrique enregistreur*, qui lui paraît recommandable aussi par son exactitude dans les limites où il l'a expérimenté.

La publication de la sixième année des observations suisses a déjà commencé, et elle comprend trois stations nouvelles : celle de *Schuls* dans les Grisons, à 1200 mètres d'altitude, celle *d'Airolo*, dans le Tessin, à 1172 mètres, et celle de *San-Vittore*, dans ce dernier canton, à 268 mètres d'altitude seulement, ce qui fait en tout soixante-onze stations.

M. Wolf termine son préambule par une longue énumération des sociétés savantes, des observatoires et institutions scientifiques diverses, d'Europe et d'Amérique, qui envoient leurs publications au Bureau central de météorologie suisse en échange de son Recueil. C'est un encouragement de plus, soit pour les collaborateurs de ce Bureau, soit pour les observateurs eux-mêmes, à poursuivre leurs utiles travaux.

Digitized by Google

Tableau des températures moyennes des quatre saisons et de l'année comprise entre décembre 1867 et novembre 1868, des extrêmes et de la moyenne annuelle de la dite année, ainsi que de celle des cinq années 1864 à 1868, et de l'eau tombée dans la dernière; résultant de trois observations diurnes en soixante-huit stations suisses, ordonnées d'après leur altitude.

Noms des Stations et des Cantons.	Hauteurs en mètres au-dessus de la mer.	Températures en degrés centigrades.								Eau tombée de 1867 à 1868 en millimètres.
		Hiver Décem. 1867 Février 1868	Printemps Mars-Mai 1868.	Été Juin-Août 1868.	Automne Sept.-Nov. 1868.	Minima annuels.	Maxima annuels.	Moyennes de l'année 1867-1868.	Moyennes des cinq années 1864 à 1868.	
	m	°	°	°	°	°	°	°	°	m.m
Bellinzone (Tessin) . . .	229	3,1	14,5	22,7	12,4	— 7,6	33,2	13,2	12,6	1766,7 [1]
Lugano »	275	3,1	12,8	21,2	12,3	— 7,2	33,3	12,3	12,0	2031,9
Bâle	278	0,6	10,6	19,4	9,5	—14,2	30,5	10,0	9,8	785,9
Kaiserstuhl (Argovie) . .	362	0,4	10,3	19,1	9,8	—13,2	33,5	9,9		658,7
Montreux (Vernex, Vaud)	385	2,0	10,9	19,7	11,1	— 9,3	31,3	10,9	10,7	982,6
Arau (Argovie)	386	—0,5	19,8	18,1	8,7	—14,2	29,6	9,0	8,8	780,5
Olten (Soleure)	393	0,1	10,3	19,0	9,3	—12,7	30,4	9,7	9,2	867,9
Schaffhouse	398	0,0	10,4	19,3	9,5	—14,9	31,9	9,8	9,1	669,7
Genève	408	0,9	10,3	19,1	10,2	—10,1	34,9	10,1	10,0	682,8
Frauenfeld (Thurgovie)	422	—0,5	9,5	18,3	8,8	—12,7	28,6	9,0	8,8	820,1
Kreuzlingen »	424	0,1	10,1	18,3	9,5	—12,5	28,6	9,5	8,6	1173,1
Porrentruy (Berne) . . .	430	—0,2	9,8	18,3	8,6	—18,0	32,3	9,1		789,1
Bex (Vaud)	437		10,6		9,9				9,8	
Winterthur (Zurich) . .	441	—0,6	9,6	18,5	8,7	—15,9	32,5	9,1	8,7	793,6
Altorf (Uri)	454	0,5	10,3	18,4	10,1	—10,9	30,7	9,8	9,8	1496,9

Digitized by Google

Noms des Stations et des Cantons.	Hauteurs en mètres au-dessus de la mer.	Températures en degres centigrades.								Eau tombée de 1867 à 1868 en millimètres.
		Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.	Minima annuels.	Maxima annuels.	Moyennes de l'année.	Moyennes des cinq années 1864 à 1868.	
	m	°	°	°	°	°	°	°	°	mm
Gersau (Schwytz)	460	1,5	10,3	19,1	10,5	— 9,4	29,0	10,4		1464,2
Soleure	474	—0,2	9,9	18,7	8,8	—13,2	28,6	9,3	8,8	
Altstætten (St-Gall) ..	478	—0,8	10,3	18,6	9,9	—16,4	31,0	9,7	9,3	1112,4
Zurich.....	480	—0,2	10,3	18,8	9,3	13,2	29,5	9,7	9,2	883,2
Muri (Argovie)	483	—0,6	9,8	18,2	8,7	—14,5	30,1	9,0	8,7	876,9
Neuchâtel	488	0,3	10,3	19,2	9,6	—12,9	33,2	9,8	9,5	721,8
Martigny (Bourg, Valais)	498	—0,6	11,3	19,6	9,9	—13,3	32,2	10,0	10,0	638,0
Sursée (Lucerne)	505	—1,3	8,9	17,5	8,1	—18,0	33,5	8,3		1007,1
Sargans (St-Gall)	501	—0,6	10,3	18,1	10,2	—14,0	31,4	9,5	9,4	1268,9
Sion (Valais).....	536	0,3	11,9	20,2	10,8	—12,0	31,7	10,8	10,8	648,1
Marschlins (Grisons)..	545	—1,7	9,5	17,7	9,3	—20,3	34,0	8,7	8,7	1238,8
Schwytz	547	—0,6	9,2	17,5	9,1	—12,2	27,9	8,8	8,7	1764,0
Interlach (Berne).....	571	—1,0	9,4	18,0	9,0	—11,8	29,0	8,8	8,9	1258,6
Berne	574	—0,9	9,5	17,9	8,3	—14,3	30,4	8,7	8,3	925,1
Bœtzberg (Argovie)...	577	—1,3	9,1	17,7		—15,1	30,8		8,2	766,8
Brienz (Berne)	586	—0,5	9,3	17,4	8,9	—13,7	28,8	8,8	9,0	1637,4
Reichenau (Grisons) ..	597	—2,4	9,4	17,6	9,2	—21,1	30,3	8,4	8,6	1133,9
Coire (Grisons).....	603	—1,3	10,2	18,4	9,8	—18,7	32,2	9,3	9,4	925,7
Lohn (Schaffhouse) ...	645	—1,3	9,2	17,8	8,6	—16,4	30,6	8,6	8,7	641,8

Digitized by Google

Noms des Stations et des Cantons.	Hauteurs en mètres au-dessus de la mer.	Températures en degrés centigrades.								Eau tombée de 1867 à 1868 en millimètres.
		Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.	Minima annuels.	Maxima annuels.	Moyennes de l'année.	Moyennes des cinq années 1864 à 1868.	
	m	°	°	°	°	°	°	°	°	mm
Saint-Gall	679	— 1,3	8,6	16,9	8,1	—18,1	28,6	8,1	7,8	1060,5
Castasegna (Grisons)..	700	2,0	10,8	18,9	10,0	— 8,0	27,4	10,4	10,1	1788,3
Brusio » ...	777	1,7	10,4	17,9	10,1	— 6,5	27,5	10,0	9,9	863,2
Affoltern (Berne)...	795	— 1,6	8,2	16,3	7,7	—15,4	28,0	7,7	7,7	1092,8
Schwartzenburg »	805	— 2,1	8,0		7,4	—15,6	28,2			1091,8 [1]
Auen (Glaris)	821	— 2,0		16,3		—17,2	28,5			2209,8
Vuadens (Fribourg)...	825	— 2,2	7,7	16,3	7,3	—18,1	30,1	7,3	7,2	920,2
Uetliberg (Zurich)....	874	— 2,2	7,4	15,7	7,2	—13,1	28,3	7,0	7,1	683,6
Trogen (Appenzell) ...	885 [2]	— 1,8	7,8	15,8	7,5	—18,1	28,4	7,3	7,4	1378,1
Einsiedeln (Schwytz)..	910	— 3,7	6,2	15,0	6,4	—17,9	26,0	6,0	6,1	1711,4
Ponts-de-Martel (Neuchâtel).	1023	— 3,5	6,6	15,4	6,1	—17,1	29,5	6,2		1192,0
Engelberg (Underwald)	1024	— 4,1	6,3	14,6	6,0	—19,8	24,9	5,7	5,9	1787,7
Val-Sainte (Fribourg).	1032	— 2,3	7,4	16,3	7,6	—17,6	29,5	7,2		1270,4 [1]
Ste-Croix (Vaud)	1092	— 2,3	6,3	14,8	6,7	—16,8	26,3	6,4	6,3	1243,2
Beatenberg (Berne) ..	1150	— 2,3	6,3	14,5	6,8	—17,3	26,3	6,3	6,7	1487,9
Chaumont (Neuchâtel).	1152	— 2,9	6,0	14,3	6,2	—18,5	25,4	5,9	5,9	772,4
Closters (Grisons)....	1207	— 4,6	5,1	13,9	6,0	—23,0	28,6	5,1	5,2	1316,8
Churwalden » ..	1213	— 3,2	6,1	14,3	6,7	- 20,0	26,6	6,0	6,2	1242,0
Reckigen (Valais)....	1339	— 5,8	4,1	14,3	5,0	—22,2	28,4	4,4	4,6	1047,9

Digitized by Google

Noms des Stations et des Cantons.	Hauteurs en mètres au-dessus de la mer.	Températures en degrés centigrades.								Eau tombée de 1867 à 1868 en millimètres.
		Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.	Minima annuels.	Maxima annuels.	Moyennes de l'année.	Moyennes des cinq années 1864 à 1868.	
	m	°	°	°	°	°	°	°	°	mm
Platta (Medels, Grisons)	1379	— 3,9	4,7	13,7	5,7	—19,6	25,5	5,0	5,3	1811,6
Andermatt (Uri)	1448		3,5	11,5	3,6	—26,3	24,5	2,9	3,3	926,5 [1]
Splügen (village, Grisons).	1471	— 7,0	3,8	13,1	—3,5	—26,2	26,0	3,5	3,7	1778,8
Zernetz » .	1476	— 6,9	3,8	13,4	4,7	—26,0	27,5	3,8	4,0	753,4
Græchen (Valais).....	1632	— 4,1	4,1	12,9	4,8	—16,8	25,0	4,4	4,6	644,9
Davos (Grisons)	1650	— 6,9	1,8	11,5	3,3	—25,2	25,0	2,4		954,8 [1]
Bevers »	1715	— 8,8	1,8	11,9	2,5	—28,7	25,9	1,9	1,9	1005,6
Righi-Kulm (Schwytz).	1784	— 5,2	1,5	10,3		—20,6	21,3	2,3	2,5	1257,7 [1]
Sils (Maria, Grisons).	1810	— 7,2	1,8	11,4	2,8	—24,0	22,2	2,2	2,1	1153,7
Grimsel (hospice, Berne).	1874	— 6,9	0,8	10,0	2,2	—24,4	20,6	1,5	1,5	2194,9
Simplon (hospice, Valais)	2008	— 6,4	0,7	9,7	2,1	—20,6	21,1	1,6	1,6	813,0
Bernardin (village, Grisons)	2070	— 6,7	0,6	9,4	1,7	—22,4	19,3	1,3	1,1	3201,6 [1]
St-Gothard (hosp., Tessin)	2093	— 8,3	0,7	7,8	0,7	—27,0	20,0	0,2	—0,2	
Julier (Grisons)	2244	— 9,0	0,6	8,1	0,6	—23,2	20,5	0,1	0,0	
St-Bernard (couv. Valais)	2478	— 8,2	—2,0	6,8	— 0,4	—20,4	18,4	—0,9	—0,9	1075,9

[1] Il manque un mois d'observations de pluie à *Bellinzone*, *Schwartzenburg*, *Val-Sainte*, *Andermatt*, *Davos*, *Righi-Kulm*, et deux mois au *Bernardin*.

[2] L'altitude de la station *Trogen* a été de 924 mètres depuis le 1er août 1868.

Digitized by Google

NOTE

SUR LES

ANCIENS GLACIERS DU PLATEAU CENTRAL

DE LA FRANCE

PAR

M. ED. COLLOMB.

Le plateau central de la France forme une grande île géologique, dont la longueur du nord au sud est en moyenne d'environ 300 kilomètres, et la largeur de l'est à l'ouest également de 300 kilomètres. La forme en est presque circulaire. En marchant du nord au sud, les chiffres d'altitude augmentent successivement, on arrive ainsi à un bourrelet de hautes montagnes qui forment, du côté de l'ouest et du sud, une enceinte presque continue. Les points culminants de ce rempart élevé sont : le Mont d'Ore, 1886^{m} : le Plomb du Cantal, 1858^{m}, et le Mézenc, 1754^{m}, reliés entre eux par une série de montagnes et de plateaux un peu moins élevés.

Dans l'intérieur de ce grand cirque, plusieurs rivières importantes prennent leur source ; la Loire, l'Allier, le Cher, la Creuse, la Vienne, la Dordogne, le Lot, le Tarn, qui versent leurs eaux dans l'Océan ; puis l'Hérault, le Gardon, l'Ardèche qui appartiennent au versant méditerranéen. La composition géologique du sol de cette contrée consiste presque exclusivement en roches d'origine volcanique, trachytes, phonolithes, basaltes, etc., et en terrain cristallin, gneiss, granits, micaschistes, etc., les

Digitized by Google

roches sédimentaires plus jeunes qui occupent quelques fonds de vallées y sont l'exception. Le plateau est bordé sur son pourtour extérieur de dépôts houillers, triasiques et jurassique; ces derniers, et surtout le lias, y forment une ceinture presque continue. Les phénomènes glaciaires de la fin du pliocène et de l'époque quaternaire sont développés dans son intérieur avec une grande énergie.

M. Delanoüe, l'un des premiers, a signalé des accumulations de matériaux erratiques, qu'il reconnaît avoir tous les caractères de véritables moraines, sur le revers occidental du Mont d'Ore, près des sources de la Dordogne [1]. A la limite sud, dans le massif granitique de la Lozère, M. Ch. Martins a décrit un ancien glacier de second ordre, qui, tout petit qu'il était, a cependant transporté des blocs de plus de 80 mètres cubes [2].

Mais c'est surtout sur le revers nord du massif du Cantal que ces phénomènes ont pris une grande extension; ils ont été décrits par de très-bons observateurs. M. Julien de Clermont et son collègue M. Laval ont exploré pendant plusieurs saisons les principales vallées qui descendent du Cantal et de la chaîne des Monts d'Ore [3]. Ils ont constaté dans cette contrée une première époque glaciaire qui l'emporte en énergie sur tout ce qu'on a imaginé jusqu'à présent; les plus hauts sommets étaient entièrement couverts d'une calotte continue; tout le plateau central était opprimé par une grande épaisseur de

[1] *Bulletin de la Société géolog.*, 1868, tome XXV, p. 492.

[2] *Comptes rendus*, 1868, tome LXVII, p. 933.

[3] *Des phénomènes glaciaires dans le plateau central de la France, en particulier dans le Puy-de-Dôme et le Cantal*, par A. Julien, in-8°, 103 pages. Paris, 1869.

Digitized by Google

glace. Sauf la grande accumulation morainique de la montagne de Perrier, près d'Issoire, sur laquelle nous avons encore quelques doutes, et que nous nous proposons de visiter encore une fois, les traces que cette première extension a laissées sur le sol sont faibles, peu accusées; il faut observer avec une grande attention pour en retrouver des vestiges.

On comprend très-bien que lorsqu'un manteau continu couvrait tous les sommets et toutes les vallées, qu'il les dépassait en hauteur, ce grand glacier, bien qu'il fût doué d'un mouvement de translation, ne pouvait transporter ni moraines superficielles, ni blocs erratiques; il ne surgissait aucun pic supérieur, aucun îlot dans cette mer de glace, susceptible de se dégrader et de les alimenter. Les moraines profondes seules ont dû être très-puissantes ; elles se sont étalées dans le fond des vallées et dans les plaines, mais par suite de leur remaniement par les eaux, elles ont perdu leurs principaux caractères glaciaires, elles ont été dénaturées et ont passé à l'état de diluvium.

Sur les hauts sommets, les effets de ces grands glaciers ont dû aussi être presque nuls, parce que sous une température moyenne assez basse, on trouve, à une certaine hauteur, que la glace des glaciers est adhérente au sol pendant toute l'année. M. Dolfuss-Ausset, après de nombreuses observations et expériences faites dans les Alpes, a remarqué que, lorsqu'on s'élève à 3000^{m}, 3200^{m} et dans la zone au-dessus, la partie inférieure des glaciers est constamment gelée avec le terrain qui les supporte, il y a adhérence intime entre la glace et le sol, par conséquent les signes caractéristiques du passage d'un glacier, les stries et le moutonnement des roches ne peu-

Digitized by Google

vent s'effectuer dans ces conditions; ce n'est qu'en descendant dans des régions plus basses que les glaciers se dégagent peu à peu, deviennent indépendants et produisent tous les effets que l'on connaît. Ce n'est que du moment où les hauts sommets se sont peu à peu dégagés, lorsque le mouvement de retraite des grands glaciers a commencé à se dessiner, qu'ils ont pu laisser des traces évidentes de leur passage. M. Julien en a trouvé jusque dans les environs de Clermont et de Pont-du-Château sur le bord de la plaine de la Limagne.

A la suite de cette longue période de froid, il y a eu retraite et fonte successive des grands glaciers; les vallées se sont creusées, les eaux courantes ont joué un rôle prépondérant, le relief du sol a subi de notables modifications, la faune à éléphants a fait sa première apparition : c'est de cette époque que datent les dépôts du val d'Arno supérieur, du bassin à lignites de Zurich et celui de Saint- Prest dans Eure-et-Loir, si riches en vertébrés fossiles; dépôts qu'on a classés jusqu'à présent dans le pliocène supérieur, mais qui renferment un grand nombre d'espèces semblables à celles du terrain quaternaire; il y a là un passage tellement insensible, qu'il est bien difficile de séparer nettement ces deux époques, la seconde ne paraissant être que la suite non interrompue de la première.

Seconde époque glaciaire. Après cette longue retraite, pendant laquelle des eaux courantes d'une énergie exceptionnelle ont démoli en partie l'œuvre des glaciers, ceux-ci ont repris leur marche en avant, sans cependant s'étendre à beaucoup près aussi loin que lors de leur premier développement; dans les Vosges, les moraines frontales de cette époque se sont déposées à l'altitude de 400^{m}; dans

Digitized by Google

les Pyrénées, revers nord, également à 400^{m}. Dans les Alpes, les limites de cette deuxième extension sont plus difficiles à bien déterminer parce qu'elles se confondent volontiers avec divers accidents locaux ; néanmoins on pourrait prendre pour terme de comparaison les moraines de Rivoli et celles d'Ivrée du revers sud des Alpes, dans le bassin du Pô; elles sont évidemment les plus récentes, puisqu'elles reposent sur le diluvium alpin à éléphants de la plaine, elles sont à l'altitude de 250 à 300^{m}.

Dans le plateau central, c'est surtout l'ancien glacier de la vallée de l'Allagnon que nous avons étudié l'automne dernier; M. Julien l'avait recommandé à l'attention des géologues comme un des mieux caractérisé de la contrée. Cette vallée prend naissance près des sommets de la chaîne du Cantal; elle se dirige en moyenne du sud-ouest au nord-est; ses eaux passent d'abord à Murat, puis à Neussargues, Massiac, Lempdes, où elles ne tardent pas à se joindre à celles de l'Allier. En prenant Murat (884^{m}) comme position centrale, on est entouré d'un vaste cirque de 8 à 9 kilomètres de diamètre dont les principaux points culminants : le Plomb, 1858^{m}; les Rochers, 1800^{m}; Peyrouse, 1620^{m}; Bataillouze, 1654^{m}, sont reliés entre eux par des cols et des pics un peu moins élevés. Ce cirque est séparé par des contre-forts qui donnent naissance à autant de vallées secondaires; elles viennent déboucher en éventail près de Murat. Ces montagnes sont composées de roches volcaniques, trachytes, phonolithes, basalte ; le sous-sol du fond de la vallée est granitique.

Au débouché de chacune des vallées secondaires dans le cirque de Murat, on remarque une accumulation considérable de débris glaciaires; les moraines latérales s'é-

Digitized by Google

lèvent à une grande hauteur sur les flancs des montagnes; elles donnent la mesure de l'épaisseur du glacier qui les a transportées ; la moraine médiane, résultant de la réunion de ces différents affluents, existe encore au fond de la vallée, malgré le ravage des eaux postérieures, entre la station du chemin de fer de Murat et la rive gauche de l'Allagnon. Cette moraine forme un amas, une petite colline applatie, où les matériaux glaciaires sont accumulés dans le même désordre apparent et de la même façon que dans tous les dépôts de ce genre [1].

Au-dessous de Murat, jusqu'à la station de Neussargues et de Pont-du-Vernet, sur un trajet de 12 kilom., cette moraine médiane se poursuit presque sans interruption, le chemin de fer la coupe fréquemment, les blocs métriques soit anguleux, soit arrondis, souvent striés, sont noyés dans une masse considérable de boue grisâtre. Les moraines latérales de la rive droite sont déposées sur les flancs très-escarpés de la montagne couverte d'une forêt de pins et difficile à explorer. Celles de la rive gauche se continuent presque sans solution de continuité jusqu'au pied du plateau de Chalinargues, 1027^{m}, au débouché de la vallée latérale d'Allanches, 800^{m} ; sur ce point le glacier avait à peu près 200^{m} d'épaisseur.

La vallée d'Allanches, d'une vingtaine de kilomètres de longueur, est creusée dans le terrain granitique ; les plateaux qui la dominent sont basaltiques; elle avait aussi

[1] Les dépôts morainiques de différentes contrées ont été si souvent décrits, que nous pensons qu'il est inutile d'entrer de nouveau dans des détails minutieux à cet égard. Quand on doutait encore de l'existence des anciens glaciers, on comprend que des descriptions monographiques fussent nécessaires, mais aujourd'hui il n'en est plus de même. M. Julien, du reste, n'a rien négligé sous ce rapport.

Digitized by Google

son glacier, il venait se souder presque à angle droit à la rive gauche du glacier principal. A Neussargues, la réunion des deux glaciers a donné lieu à un dépôt considérable de débris; la moraine latérale gauche du glacier d'Allagnon était en même temps moraine frontale du glacier d'Allanches.

En pénétrant plus avant dans cette dernière vallée, on trouve des moraines frontales échelonnées de distance en distance; au village de Moissac, la vallée en est barrée et il ne reste qu'un étroit créneau pour le passage du torrent.

A Pont-du-Vernet, sur la rive droite et la rive gauche, la vallée est subitement rétrécie par des murailles granitiques ou gneissiques de plusieurs centaines de mètres de hauteur; la rivière est à la cote de 700^{m}, le plateau granitique à 1160^{m} : différence, 460^{m}. La rivière, la route et le chemin de fer ont tout juste assez de place pour se faufiler dans ce couloir; le glacier en a été barré, aussi c'est en amont de ce point qu'on voit la plus grande accumulation de débris.

M. Julien insiste sur la manière dont la distribution des matériaux s'est effectuée, les éléments volcaniques venant du massif du Cantal ne se sont point mêlés avec les roches granitiques d'Allanches; chaque pic, chaque montagne a fourni son convoi spécial de roches qu'on retrouve à Neussargues, à 20 kilomètres de distance, dans l'ordre bien connu du mouvement des glaciers.

Dans toutes les moraines de cet ancien glacier, qu'elles soient latérales, frontales ou médianes, mais surtout dans les moraines latérales droites, j'ai constamment remarqué un fort dépôt de boue dans lequel les blocs sont empâtés, comme on n'en voit nulle part d'aussi puissants

Digitized by Google

dans les dépôts glaciaires d'autres contrées. Ce fait résulte évidemment de la nature minéralogique des roches qui ont été soumises à l'action mécanique du glacier, les trachytes, les phonolithes, les basaltes et quelques autres roches volcaniques qui abondent dans ces montagnes, en se broyant par le frottement et la pression, donnent lieu à une boue grisâtre, tandis que les roches granitiques, les quartzites, les grès et même quelques calcaires, soumis aux mêmes effets mécaniques, se convertissent plus volontiers en sable. Ces masses de boue, enveloppant de gros débris de roches anguleux et striés, sont un argument de grande valeur en faveur du transport par les glaciers; l'intervention de l'eau liquide n'aurait pas permis à ces masses de subsister.

Il y a donc eu dans le centre de la France, comme dans le nord de l'Europe et dans beaucoup d'autres contrées, une époque glaciaire d'une grande énergie qui paraît être arrivée à son maximum de développement à la fin du pliocène supérieur ou au commencement de l'époque quaternaire; puis, par des causes encore inconnues, il y aurait eu retraite partielle de ces glaciers, et pendant cette retraite les eaux courantes auraient agi à la surface du sol avec assez d'énergie pour en modifier sensiblement le relief, indépendamment des oscillations du sol lui-même; puis une recrudescence de froid aurait fait avancer de nouveau ces glaciers, mais dans une moindre proportion; ils ne se seraient pas étendu aussi loin, ils seraient restés renfermés dans les limites de l'intérieur des vallées.

Cette période glaciaire, si curieuse dans l'histoire de la terre, a été étudiée depuis une vingtaine d'années dans presque tous les systèmes de montagnes de l'Eu-

Digitized by Google

rope, dans l'Amérique du Nord et du Sud, dans l'Hymalaya, la Nouvelle-Zélande et récemment dans le Caucase [1]. Le plateau central avait été négligé jusqu'à présent.

La cause du phénomène reste encore un mystère scientifique; mais je pense que des faits aussi généraux, qui embrassent une aire géographique aussi étendue, presque le monde entier, ne peuvent plus s'expliquer par des causes locales dont l'application a l'inconvénient d'être restreinte à telle ou telle chaîne de montagnes; il me semble qu'il faut de toute nécessité avoir recours à des causes plus générales, à des causes cosmiques qui seront peut-être plus tard appelées à résoudre ce difficile problème.

[1] Ernest Favre, *Note sur quelques glaciers de la chaîne du Caucase* (*Archives des Sciences phys. et natur.*, janvier 1869).

Digitized by Google

NOTICE HISTORIQUE ET DESCRIPTIVE

SUR

TROIS ESPÈCES DE GRENOUILLES ROUSSES

OBSERVÉES EN EUROPE

PAR

M. V. FATIO.

(Mémoire lu à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, dans la première séance de janvier 1870.)

Lorsque, vers le milieu du siècle passé, le savant Linné reconnaissait deux espèces de Grenouilles en Europe, il ne faisait que relever, en l'accusant plus franchement, l'opinion de nombreux auteurs qui, depuis longtemps et dès l'antiquité, avaient démêlé déjà des différences de formes et de genres de vie entre ces animaux. Quoique plus précis que les ouvrages, souvent légendaires, des anciens, les écrits du célèbre naturaliste suédois [1] devaient cependant être encore petit à petit épurés et remaniés; ce ne fut même qu'après lui que Gmelin, dans une treizième édition du *Systema naturæ* [2], sépara nettement les Grenouilles des Crapauds et des Rainettes, en distinguant le genre *Rana* des genres *Bufo* et *Hyla*.

Sur ce point, comme sur tant d'autres, les données de Linné firent néanmoins foi pendant près d'un siècle. Malgré le grand nombre de noms nouveaux qui, par une

[1] Linné, *Systema naturæ*. Douze éditions de 1735 à 1766.
[2] Gmelin, *Systema naturæ* (Linné), édit. XIII, 1788-93.

Digitized by Google

fausse interprétation de la variabilité, venaient chaque jour compliquer la synonymie des deux espèces, la majorité des zoologistes ne reconnaissait cependant, jusqu'en 1842, que la Grenouille verte (*Rana esculenta*, Linné) et la Grenouille rousse (*Rana temporaria*, Linné), si admirablement représentées dans le bel ouvrage de Rœsel [1].

Je laisse à dessein de côté la Grenouille verte que ses sacs vocaux, externes chez le mâle, éloignent de la Rousse, en la rapprochant d'autres espèces exotiques, pour étudier plus spécialement, parmi les Grenouilles plus nombreuses à sacs vocaux internes, la seconde de ces espèces et quelques formes plus ou moins voisines.

Je ne reviendrai pas maintenant sur la discussion de toutes les variétés qui ont successivement servi à la création d'espèces purement nominales. Mon plan est plus restreint, et, m'attachant à quelques formes qui me paraissent plus importantes, je me propose de suivre les diverses péripéties par lesquelles a passé, dans ces dernières années, la *Rana temporaria* de Linné, espèce tour à tour subdivisée ou méconnue.

En 1842, Nilsson signala, dans sa Faune scandinave[2], sous le nom de *Rana arvalis*, une nouvelle Grenouille qui, faute de descriptions assez circonstanciées, et faute d'observations subséquentes, ne put être ni aisément jugée, ni généralement reconnue. Quelques auteurs la rangeaient déjà, à tout hasard, à la suite des synonymes de la Rousse, lorsque, quatre années plus tard, en 1846, le professeur Steenstrup de Copenhague [3] dis-

[1] Rœsel von Rosenhof, *Historia naturalis Ranarum nostratium, etc.*, 1758. *Temporaria* (Linné) égal *Fusca terrestris* (Rœsel).

[2] Nilsson, Skandinavisk Fauna, III, Amphibierna. Lund, p. 42, 1842.

[3] Steenstrup, Bericht über die 24. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Kiel, p. 131, 1846.

Digitized by Google

tingua, dans la Grenouille rousse, deux formes constantes qu'il appela par opposition, l'une *Rana oxyrrhinus* et l'autre *Rana platyrrhinus*. La première caractérisée par une taille plus petite, par la forme plus acuminée de son museau, et surtout par le grand développement de son premier os cunéiforme, simulant presque un sixième doigt; la seconde, plus grande et à museau arrondi, correspondant au type de la *Rana temporaria* des auteurs [1].

Ces deux noms nouveaux proposés par un homme aussi justement apprécié pour ses travaux zoologiques, devaient attirer l'attention des naturalistes; aussi vit-on paraître successivement, en Allemagne et en France, divers mémoires à l'appui de cette division de l'espèce. Le professeur de Siebold [2], le professeur Schiff [3], et M. Thomas [4] apportèrent, chacun à son tour, un contingent d'observations intéressantes sur ce sujet.

Cependant, il n'y avait pas, en réalité, d'espèce nouvelle, car Steenstrup reconnut lui-même bientôt comment Linné avait eu déjà les deux formes en main, quoique en ayant méconnu les différences spécifiques, et comment son Spitzschnauziger Frosch (*R. oxyrrhinus*) n'était autre que la *Rana arvalis* de Nilsson. En effet, si l'on compare les brèves diagnoses de Linné dans sa *Fauna Svecica* [5] et dans son *Systema naturæ*, douzième édition [6],

[1] Dumeril et Bibron, Erpétologie générale, vol. VIII, 1841, etc., etc.

[2] Von Siebold, Zoologische Notizen. Archiv für Naturgeschichte, 1852, Band I, p. 14.

[3] Schiff, Lettre adressée à M. Thomas. Annales des Sciences natur. 4me série, 1855, Zool. vol. IV, p. 368.

[4] Thomas, Note sur deux espèces de Grenouilles. Ann. des Sciences natur. 4me série, 1855, Zool. vol. IV, p. 365.

[5] Linné, Fauna Svecica, 1746, p. 94.

[6] Linné, Systema naturæ, édit. XII, t. I, p. 357.

Digitized by Google

l'on sera étonné d'y voir ces termes opposés, appliqués à une seule espèce : dans le premier de ces ouvrages, *plantis hexadactylis palmatis;* dans le second, *plantis pentadactylis palmatis.* En trois mots, la distinction majeure entre les *Rana oxyrrhinus* et *R. platyrrhinus* de Steenstrup. Tout doute de ce côté paraîtra même impossible, quand l'on saura que les perquisitions minutieuses du professeur de Copenhague lui ont fait reconnaître les deux espèces, vivant côte à côte, jusque dans le bassin du jardin de la demeure de Linné à Upsal.

Quatre années avant Steenstrup, Nilsson avait déjà, comme je l'ai dit, distingué une forme nouvelle plus petite que la *R. temporaria* des auteurs; mais la description de ce naturaliste et la comparaison des types montrèrent avec évidence au professeur danois, non-seulement que Nilsson n'avait observé et décrit que des individus femelles, mais encore que les *Rana arvalis* et *R. oxyrrhinus* étaient spécifiquement semblables. Steenstrup ayant le premier étudié les deux sexes et bien décrit l'espèce, je pense que, malgré la priorité du nom de *R. arvalis,* celui de *R. oxyrrhinus* doit être de préférence maintenu, le qualificatif *arvalis* pouvant s'appliquer à bien d'autres Grenouilles, tandis que celui d'*oxyrrhinus* rappelle, au contraire, un caractère constant de la forme nouvelle.

Ayant eu moi-même la facilité d'étudier, dans bien des conditions différentes, la *Rana temporaria* des auteurs, soit *Platyrrhinus* de Steenstrup, et de la comparer attentivement avec de nombreux échantillons de la *Rana oxyrrhinus,* dus à l'obligeance de MM. Collin et Steenstrup de Copenhague [1], j'ai pu constater nettement, entre

[1] Je profite de l'occasion pour remercier MM. Steenstrup et Collin

Digitized by Google

ces deux formes, plusieurs points différentiels assez importants pour me les faire considérer comme espèces distinctes.

Quoique je n'aie nullement l'intention de faire ici un travail descriptif qui doit trouver sa place ailleurs [1], j'essayerai néanmoins de faire ressortir plus loin, sur un tableau, les principaux caractères comparés de ces deux Grenouilles, en même temps que ceux d'une troisième espèce dont il me reste à parler.

En 1828, M. Millet, d'Angers, décrivit, dans sa Faune de Maine-et-Loire [2], deux espèces de Grenouilles qu'il nomma *Rana flaviventris* et *R. temporaria*. Encore ici il y avait confusion : Millet présentait, sous le nom de *Rana flaviventris*, une simple variété de la vraie *Temporaria;* tandis qu'il attribuait, à tort, le nom de *R. temporaria* (Linné) à une forme qu'il venait de découvrir sans s'en douter, et qui devait ainsi demeurer méconnue jusqu'au moment où M. Thomas de Nantes découvrit, pour la seconde fois, cette Grenouille oubliée.

Ce ne fut qu'en 1855 que M. Thomas publia ses observations sur cette espèce, si svelte et si particulièrement disposée pour le saut, qu'il appelait *Rana agilis* [3], en relevant l'erreur de Millet. Mais la nouvelle baptisée, n'ayant pas été observée ailleurs par d'autres zoologistes, commençait à retomber dans l'oubli, malgré l'excellente

de la complaisance avec laquelle ils m'ont communiqué, soit de nombreux sujets de comparaison, soit leurs propres observations.

[1] Des descriptions circonstanciées de ces espèces paraîtront prochainement dans le volume de ma *Faune des vertébrés de la Suisse* qui est maintenant en voie de publication, dont j'extrais ces quelques notes et auquel je renvoie pour de plus amples détails.

[2] Millet, Faune de Maine-et-Loire, vol. II, 1828.

[3] Thomas, loc. cit.

Digitized by Google

description de Thomas, quand, en 1861, je reconnus, dans les environs de Genève, une espèce particulière que je présentais alors à la Société de Physique et d'Histoire naturelle sous le nom de *Rana gracilis*. Cette forme nouvelle n'était autre que la Grenouille de Thomas, et lorsque, un an plus tard, je publiais sur son compte mes propres observations[1], j'avais reconnu déjà qu'elle était, en même temps, spécifiquement semblable à l'*Agilis* de Thomas, et constamment différente soit de la *Temporaria*, soit de l'*Oxyrrhinus*.

En face de ces trois espèces européennes successivement formées aux dépens d'une seule, bien des zoologistes, faute de pouvoir comparer un assez grand nombre de sujets des trois formes, ont trouvé plus simple d'en revenir à Linné et à l'unique *Rana temporaria*; Günther même, dans son excellent catalogue des *Batrachia salientia*[2], a déjà réuni, en 1858, l'*Oxyrrhinus* au *Platyrrhinus* de Steenstrup, et l'*Agilis* de Thomas aurait bientôt le même sort, si une étude sérieuse ne devait réhabiliter l'une et l'autre.

Me trouvant peut-être le seul qui ait maintenant entre les mains un nombre suffisant d'échantillons des trois espèces en litige pour permettre d'aborder cette question difficile, j'ai cherché à étudier, sous toutes leurs faces et sans idée préconçue, les trois formes mises en présence, et ce sont les résultats des recherches auxquelles j'ai dû me livrer pour ma Faune suisse que j'expose brièvement ici.

[1] V. Fatio, Observations sur la *Rana agilis* (Thomas). Revue et magasin de Zoologie, 2me série, 1862, tome XIV, p. 81.

[2] Günther, Catalogue of the *Batrachia salientia* in the collection of the British Museum, 1858, p. 16.

Digitized by Google

Après avoir comparé, comme je l'ai dit plus haut, de nombreux exemplaires de la *Rana temporaria*, de divers pays [1], avec plusieurs individus de sexes et d'âges différents de la *Rana oxyrrhinus* du Danemark, j'ai dû encore comparer de tous points ces deux premières Grenouilles avec bon nombre de sujets de la *Rana agilis*, recueillis, à diverses époques, en Suisse, en France [2] et en Italie [3]. Ainsi que je l'avais fait pour les deux premières, j'ai dû reconnaître comme espèce cette troisième et dernière forme si frappante par la disproportion de ses membres.

Avant de terminer cette brève discussion synonymique par le tableau synoptique des caractères de nos espèces, il ne sera pas, je pense, inutile de comparer encore en quelques mots la variabilité des deux formes nouvelles, ainsi que leur distribution géographique et leurs mœurs, avec les observations faites, à ces divers points de vue, sur l'ancienne *Rana temporaria* des auteurs. Peut-être trouverons-nous dans cette étude quelques particularités dignes d'attirer l'attention ou de diriger plus ou moins l'opinion.

La **Grenouille rousse** (der braune Grasfrosch), *Rana temporaria* (Linné) [4], la plus grosse des trois, varie ex-

[1] De France, d'Italie, d'Allemagne, de Suisse, plaine et Alpes, et de Danemark.

[2] Je dois de vifs remerciements à M. Thomas, de Nantes, pour l'amabilité avec laquelle il m'a fait présent de plusieurs superbes échantillons de sa *Rana agilis*.

[3] La *Rana agilis*, ou *gracilis*, m'a été rapportée d'Italie par mon cousin M. A. Beaumont qui, ayant appris à la reconnaître facilement, la trouva abondante dans les prairies des environs de Pise.

[4] *Rana aquatica et innoxia*, Gessner; *R. aquatica*, Jonston; *R. fusca terrestris*, Rœsel; *R. temporaria*, Linné, Dum. et Bib., etc.; *R. muta*,

Digitized by Google

térieurement, non-seulement quant à la taille, suivant l'âge et les conditions de nutrition plus ou moins favorables, mais encore de deux autres manières, quant à la forme et quant à la coloration.

L'on peut remarquer, chez elle, des individus à museau plus ou moins pointu, et des individus à museau franchement obtus. Ces derniers à face arrondie, auxquels j'appliquerai le nom de *obtusirostris*, sont de beaucoup les plus nombreux et les plus répandus; ils correspondent au *Platyrrhinus* de Steenstrup et montrent à tout âge des modes de coloration très-variés. Les premiers, moins abondants, auxquels je donnerai, par opposition, le nom de *acutirostris*, présentent, comme je l'ai dit, un museau comparativement acuminé, quoique peu proéminent, et des membres postérieurs un peu plus allongés; ils sont, le plus souvent, d'un gris-brun en dessus, lavés de noirâtre sur les côtés et blanchâtres ou d'un jaunâtre mat en dessous, avec des marbrures grises sur les flancs, le ventre et la poitrine, et des bandes foncées au travers des membres. Ce sont, la plupart du temps, des sujets de taille petite ou moyenne, dans leur seconde ou leur troisième année, qui ont grandi et vécu dans des eaux troubles ou stagnantes et peu froides, et qui, pour cette raison ou pour toute autre, sont demeurés plus longtemps dans l'ombre. Du moins, j'ai généralement rencontré de semblables Grenouilles à livrée sombre dans les fossés bourbeux de la plaine et rarement dans les montagnes; tandis que je n'ai jamais trouvé que des Grenouilles à museau obtus et dans leur brillante livrée, soit dans les eaux claires ou courantes de nos vallées, soit dans les eaux transparentes et plus froides

Laurenti; *R. alpina*, Fitzinger, Schinz, etc.; *R. flaviventris*, Millet; *R. scotica*, Bell; *R. platyrrhinus*, Steenstrup.

Digitized by Google

de la région alpine. Du reste, avec le changement de conditions et avec l'âge, les formes, les rapports de proportion et la coloration se modifient et retournent au type.

Revenant maintenant à la forme la plus commune, dite *obtusirostris*, je distinguerai, en Suisse et quant à la livrée, trois séries de couleurs sur des individus tant jeunes qu'adultes et à tout autre point de vue parfaitement semblables. J'ai, il est vrai, observé souvent les trois modes de coloration, affichés en même temps comme livrées de noces et réunis dans une même localité, chez des Grenouilles rousses que je collectais en grand nombre, vers la fin de l'hiver, sous la glace d'une petite rivière de nos environs: mais chacune de ces séries m'a paru cependant persister plus ou moins dans certaines conditions, ou s'accuser davantage à certaines époques.

Je laisserai ici de côté les mâles qui, malgré la grande variabilité de leurs faces supérieures, sont cependant assez constamment clairs ou peu colorés en dessous, pour m'occuper surtout des femelles, et plus particulièrement de leurs faces inférieures. J'ajouterai toutefois que les mâles, toujours plus petits que les femelles, à âge égal, présentent, en général, à la gorge, une teinte bleue plus ou moins accusée, au moment du rut, et que la livrée de terre est, dans les deux sexes, toujours moins brillante que celle d'eau ou de noces.

La première série se compose d'individus chez lesquels les tons jaunes dominent, et qui correspondent à la variété dont Millet avait fait sa *Rana flaviventris*. L'apogée de ce mode de coloration se voit chez une Grenouille d'un gris-jaunâtre en dessus, avec toutes les faces inférieures d'un beau jaune presque sans taches. Cette livrée est plutôt terrestre, pour les adultes; cependant elle se encontre depuis l'été, en automne et jusqu'en hiver.

Digitized by Google

La seconde série comporte des individus chez lesquels les tons rouges dominent et dont le maximum d'accentuation se trouve chez une Grenouille rousse en dessus, avec les faces inférieures d'un beau rouge carminé, et que l'on pourrait distinguer sous le nom de *varietas rubriventris*. Ce mode de coloration est plus fréquent, chez les adultes, vers la fin de l'hiver et au printemps ; c'est le plus souvent une livrée de noces, livrée aquatique et due peut-être à l'influence de la température. J'ai collecté et étudié un grand nombre de Grenouilles sur différents points élevés de nos Alpes, et j'ai constaté que la *Rana temporaria*, la seule du reste qui se rencontre chez nous au-dessus de 1500 mètres, non-seulement se présente toujours, dans la région alpine, sous la forme dite *obtusirostris*, mais encore qu'elle varie de coloration dans ces conditions, à peu près comme les individus de même forme qui habitent, dans les vallées, les eaux claires et fraiches. Toutefois la série des rouges est peut-être, dans les Alpes, la plus constante. La *Rana alpina* de Fitzinger[1], et de Schinz[2], ne repose pas sur autre chose que sur des individus de la forme *obtusirostris*, qui présentent une livrée mixte ou de transition, comme l'on en voit tant, et par conséquent un mélange des couleurs qui, dans leurs extrêmes, sont à la tête de ces deux premières séries.

La troisième série, de beaucoup la moins riche, se compose d'individus chez lesquels dominent les tons verts. Le degré le plus accentué de ce mode de coloration se rencontre sur une Grenouille d'un gris vert avec des marbrures d'un vert sombre parsemées de taches noires, en dessus, et d'un blanc verdâtre avec des marbrures plus

[1] Fitzinger, Verzeichniss der Rept. des Wiener Museum, 1826.
[2] Schinz, Fauna Helvetica; Wirbelthiere der Schweiz, p. 143, 1837.

Digitized by Google

foncées d'un gris verdâtre, en dessous. Cette livrée extrême est très-rare dans notre pays; je ne l'ai trouvée qu'au printemps et en plaine seulement. L'on pourrait encore la qualifier de *varietas viridis*.

Aucune de ces séries n'est du reste franchement délimitée. Ces trois variétés de couleurs ne sont parfaitement tranchées que dans leurs extrêmes, et ces derniers sont toujours bien moins abondants que les sujets de livrées mixtes. Il n'y a que bien rarement des passages de la coloration rouge à la verte; tandis que l'on rencontre assez souvent des individus de la série des jaunes qui semblent y amener insensiblement par un mélange de tons gris et de taches noirâtres. Par contre, les transitions entre Grenouilles jaunes et rouges sont constantes et de beaucoup les plus communes; un même sujet pourra offrir successivement, à des époques et dans des conditions différentes, tous les degrés qui unissent les deux premières séries.

La *Rana temporaria* habite l'Europe et une partie de l'Asie; elle se trouve depuis les côtes méditerranéennes jusqu'en Suède et en Norwége: de même, on la rencontre, en Suisse, depuis le fond des vallées jusqu'à 2500 mètres au-dessus de la mer. Elle ne va à l'eau que pour y satisfaire aux besoins de la reproduction, ou s'y cacher, dans le fond, durant les frimas de la mauvaise saison. Elle s'accouple, suivant les conditions, depuis la fin de janvier jusqu'au milieu de mars, ou en juin même dans les Alpes; après cela, elle se tient sur terre, dans les champs, ou de préférence dans les lieux ombragés, jusqu'en arrière-automne.

Son cri consiste, tantôt en une sorte de grognement, tantôt en un gloussement plus ou moins sonore et prolongé.

Digitized by Google

La **Grenouille oxyrrhine** (der spitzschnauzige Frosch), *Rana oxyrrhinus* (Steenstrup)[1], présente, quoique à un degré plus faible, à peu près les mêmes variations de couleurs que la *Rana temporaria*. La coloration des faces supérieures varie, dans les deux sexes, de même que celle des faces inférieures chez les femelles ; la gorge devient souvent légèrement bleuâtre, chez les mâles, au moment du rut : enfin, les flancs montrent généralement des taches ou des marbrures analogues à celles qui se voient sur ces parties chez la *Temporaria*. Ces deux formes sont évidemment très-voisines sur ce point. Cependant, il est à remarquer que l'abdomen est généralement sans taches chez l'Oxyrrhine, et que cette espèce présente, dans le nord surtout, des variations de coloration que n'offre pas la Grenouille rousse ; très-souvent, par exemple, une large bande dorsale claire, et, de chaque côté, des lignes longitudinales foncées, plus ou moins relevées sur des plis glanduleux surnuméraires ; cela plus particulièrement chez la variété qui constituait la *Rana arvalis* de Nilsson.

Malgré les nombreux rapprochements qui existent évidemment entre les Grenouilles rousse et Oxyrrhine, tant au point de vue de la coloration qu'à celui des rapports de proportions entre les diverses parties du corps et des membres, il est cependant impossible de ne pas reconnaître entre elles quelques différences importantes et constantes. La taille est constamment beaucoup moindre chez l'Oxyrrhine ; le museau et le crâne sont toujours beaucoup plus triangulaires et acuminés que chez la Rousse, *varietas acutirostris ;* les fronto-pariétaux sont souvent

[1] *Rana manibus tetradactylis fissis, plantis hexadactylis palmatis, pollice longiore*, Linné ; *R. arvalis*, Nilsson ; *R. oxyrrhinus*, Steenstrup ; *R. temporaria*, part. Middendorff., Sibir. Reise. II, 2, 1853.

Digitized by Google

imparfaitement ossifiés sur le centre[1] ; enfin, le premier os cunéiforme accuse, à tout âge, un développement beaucoup plus grand et une forme beaucoup plus comprimée.

Je n'ai jamais rencontré cette petite Grenouille en Suisse ; son aire géographique paraît plus septentrionale. Le point le plus méridional où elle ait été observée jusqu'ici, à ma connaissance, est Francfort-sur-le-Main. Au delà, elle a été reconnue dans diverses localités en Allemagne, dans le Danemark, en Suède et en Norwége, jusqu'au cap Nord et très-avant en Sibérie[2]. Plus rare que la Rousse en Allemagne, elle est à peu près aussi abondante en Danemark, et devient petit à petit la plus commune en se rapprochant du nord.

Cette espèce ne va à l'eau, comme la Rousse, que pour y satisfaire aux besoins de la reproduction, ou pour y chercher dans le fond une retraite durant la mauvaise saison. Elle s'accouple, en général, trois ou quatre semaines plus tard que la Rousse, et s'en distingue encore par un cri passablement différent. Ce n'est plus un gloussement plus ou moins soutenu, c'est plutôt une série de petits coups de voix répétés, sonores chez le mâle, aigus chez la femelle. Les *Rana temporaria* (Linné) et *R. oxyrrhinus* (Steenstrup) constituent donc deux formes distinctes qui, quoique assez voisines, sont cependant, pour ainsi dire, constamment parallèles.

[1] Ces os embrassent souvent ici un espace étroit mal ossifié, beaucoup plus sensible chez l'*Oxyrrhinus* adulte que chez la *Temporaria*, même très-jeune. Cette disposition rappelle ainsi, jusqu'à un certain point, la fontanelle qui se remarque dans d'autres familles, chez le *Bombinator*, par exemple ; fontanelle caractéristique de plusieurs genres, mais d'ordinaire manquant totalement chez les Grenouilles.

[2] Middendorff, Sibirische Reise, Band II, Theil 2, 1853. Sous le nom de *Temporaria*.

Digitized by Google

La **Grenouille agile** (der Springfrosch), *Rana agilis* (Thomas)[1], ne peut, en aucune manière, être comparée à la forme dite *obtusirostris* de la *Rana temporaria* ; tandis qu'elle offre, par contre, quelques légers rapports avec la variété dite *acutirostris*. Elle ne porte jamais, sur les flancs, les marbrures que nous avons remarquées chez les deux espèces précédentes ; son abdomen est généralement blanc ou jaunâtre et sans taches, dans les deux sexes; toutes les faces inférieures sont comme empâtées ou gouachées chez les mâles, et jamais la gorge ne présente de teinte bleue chez ces derniers, au moment du rut. La coloration des faces supérieures est, dans la *Rana agilis*, d'un blond jaunâtre ou rosé, ou d'un gris noirâtre, suivant les sexes et les saisons ; les membres sont toujours traversés par des bandes régulières et foncées. La livrée d'eau, sombre en dessus, surtout chez les mâles, rappelle, jusqu'à un certain point, celle des individus de la forme *acutirostis* de la *Temporaria* que nous avons dit être demeurés plus longtemps dans l'ombre ; mais ce rapprochement n'est qu'un fait à l'appui de mon opinion précédemment émise sur l'influence du milieu. En effet, la Grenouille agile, habitant de préférence les eaux réchauffées et vaseuses des marais et ne paraissant au printemps que bien après la Rousse, demeure aussi plus longtemps dans l'ombre ; elle ne s'élève jamais dans les eaux plus pures et plus froides de nos montagnes, et sa livrée s'éclaircit toujours énormément sitôt qu'elle vit sur terre ou au grand jour.

Quant aux formes comparées de la tête, le museau ainsi que le crâne sont toujours beaucoup plus prolongés

[1] *Rana temporaria*, Millet ; *R. agilis*, Thomas ; *R. gracilis*, Fatio.

Digitized by Google

en avant chez la *Rana agilis*, soit que chez la *Temporaria varietas acutirostris*, soit même que chez la *Rana oxyrrhinus*. Les individus à nez pointu de la Grenouille rousse ont, comparativement à leur corps, des membres postérieurs légèrement plus allongés que les sujets à nez arrondis; mais ils ne sont pas développés comme ces derniers, et, avec l'âge, cette petite différence disparaît complétement. Chez la Grenouille agile, le membre postérieur est, à tout âge, beaucoup plus long, en même temps que le membre antérieur entier ne mesure pas plus que le tibia seul, ce qui ne se voit jamais chez la forme *acutirostris* de la Rousse. Je renvoie du reste au tableau pour d'autres caractères distinctifs entre ces trois espèces.

La *Rana agilis* n'a été observée, jusqu'ici, qu'en France, en Suisse et en Italie, et jamais au-dessus de 1500 mètres dans les Alpes; son aire géographique semble donc plutôt méridionale et l'opposé de celle de la *Rana oxyrrhinus*. Cette espèce, de taille intermédiaire, ne va encore à l'eau, comme la Rousse et l'Oxyrrhine, que pour la ponte et pour s'y enfouir durant l'hiver. Elle s'accouple cinq à sept semaines plus tard que la *R. temporaria;* sa voix consiste en petits coups répétés et plus ou moins aigus, un peu comme chez l'*Oxyrrhinus;* la grande disproportion de ses membres lui permet de faire des bonds prodigieux, soit en longueur, soit en hauteur; elle constitue, enfin, une troisième espèce rousse, moins voisine que l'Oxyrrhine de la *Temporaria* ou Rousse proprement dite.

Je conclus, en terminant, à l'existence de trois espèces confondues, pendant longtemps, sous le nom collectif de *Temporaria;* trois espèces à la fois terrestres, à sacs vo-

Digitized by Google

caux internes, à doigts à peu près cylindriques et non acuminés, à groupes vomériens formant plus bas que les orifices nasaux un angle toujours bien accentué, à os préfrontaux toujours séparés, soit l'un de l'autre, soit des fronto-pariétaux, à condyles occipitaux situés plus en arrière que l'angle des mâchoires [1], à peau comparativement lisse, à tympan moyen et à tache temporale; trois espèces présentant des affinités dans leur genre de vie et formant, en Europe [2], comme une petite section des Grenouilles rousses, *Ranæ fuscæ*, distincte dans le grand genre *Rana*.

(Voyez ci-contre, dans un tableau, quelques-uns des caractères principaux de ces espèces.)

[1] On se rendra facilement compte de ce rapport en plaçant les crânes debout sur leur base. L'on verra, en effet, au premier coup d'œil que, tandis que le crâne de la *Rana esculenta* demeure droit ou suivant la verticale du côté du maxillaire, les crânes de nos trois Grenouilles penchent, au contraire, tous plus ou moins en avant; que même celui de l'*Agilis* penche beaucoup plus que ceux des deux autres espèces.

[2] Quelques auteurs, et Günther en particulier, ont réunis à la *Temporaria* la *Rana sylvatica* de Leconte, qui habite le nord de l'Amérique, et doit évidemment rentrer dans cette section; mais la taille un peu plus petite, et l'absence assez constante de taches sur l'abdomen signalées chez cette Grenouille, semblent rappeler plutôt la *Rana oxyrrhinus* qui s'étend plus au nord et serait ainsi, géographiquement parlant, plus voisine. Toutefois, n'ayant pas eu la facilité d'étudier des échantillons de cette Grenouille exotique, je ne fais ici qu'une hypothèse, laissant à de plus heureux de décider si cette forme américaine doit rentrer dans la section des Grenouilles rousses à titre d'espèce ou de variété, et d'examiner, dans ce dernier cas, à laquelle des deux espèces elle doit être rapportée.

Digitized by Google

Tableau des principaux caractères comparés des trois espèces.

	R. TEMPORARIA.	R. OXYRRHINUS.	R. AGILIS.
Fronto-pariétaux,	très-larges et parfaitement plats.	Comparativement étroits, légèrement bombés et un peu comprimés en avant et en arrière.	Larges et aplatis.
Préfrontaux,	triangulaires, curvilignes et assez larges; arrondis et plutôt divergents en avant; dirigés en arrière sur la même ligne ou à peu près, de manière à n'embrasser jamais la lame supérieure de l'ethmoïde généralement arrondie en avant.	Triangulaires, curvilignes et comparativement étroits; à peu près parallèles sur la ligne médiane; accompagnant plus ou moins, à distance, le bord de la lame supérieure de l'ethmoïde légèrement anguleux en avant.	Triangulaires et à peu près rectilignes; acuminés et légèrement convergents en avant; rabattus en arrière, de manière à embrasser un angle, plus ou moins aigu, de la lame supérieure de l'ethmoïde.
Groupes vomériens,	petits, portant des dents peu nombreuses et irrégulièrement disposées.	Moyens et portant des dents parfois disposées en trois paires parallèles.	Comparativement grands et plus allongés, portant des dents assez généralement disposées par quatre ou cinq paires parallèles.
Premier cunéiforme,	comparativement peu développé.	Très-développé et comprimé.	Moyennement développé.
Museau,	généralement arrondi ou aplati en avant et beaucoup plus court, mesuré depuis le coin antérieur de l'œil, que la distance séparant le coin postérieur de l'œil de l'angle des mâchoires.	Pointu en avant et un peu plus court, mesuré depuis le coin antérieur de l'œil, que la distance séparant le coin postérieur de l'œil de l'angle des mâchoires.	Acuminé et prolongé en avant, de manière à être un peu plus long, mesuré depuis le coin antérieur de l'œil, que la distance séparant le coin postérieur de l'œil de l'angle des mâchoires.
Membre antérieur,	beaucoup plus long que le tibia ou la jambe.	Beaucoup plus long que le tibia ou la jambe.	Égal au tibia ou à la jambe.
Membre postérieur,	redressé le long du corps maintenu droit, le talon arrive à l'œil ou au plus au museau.	Redressé le long du corps maintenu droit, le talon arrive à l'œil ou à la narine.	Grêle et redressé le long du corps maintenu droit, le talon dépassant de beaucoup le museau.
Taille,	comparativement grande.	Comparativement petite.	Moyenne.
Flancs,	généralement tachés ou marbrés.	Généralement tachés ou marbrés.	Général sans taches ni marbrures.

Digitized by Google

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

Le Sidérostat de Léon Foucault. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, séance du 13 décembre 1869.)

Léon Foucault est mort en février 1868, à peine âgé de cinquante ans, au milieu de ses travaux les plus importants, et sans avoir complété ceux qu'il avait commencés. L'empereur a assuré, sur les fonds de sa cassette, la continuation et la publication complète des œuvres de ce savant ingénieux, si justement regretté. Une commission a été chargée de l'exécution, et c'est en son nom que M. Henri Sainte-Claire Deville a présenté à l'Académie, le 13 décembre, le miroir plan et sa monture, nécessaires à l'exécution du Sidérostat imaginé par Foucault. M. Ad. Martin avait déjà décrit la méthode qui a servi à amener à la perfection le miroir plan. M. Eichens, guidé par M. C. Wolf (l'un des astronomes attachés à l'observatoire de Paris), a construit la monture de ce miroir, et M. Wolf a rédigé, sur le Sidérostat dans son entier, une Note dont nous allons extraire les détails suivants.

Les lunettes astronomiques, dans leur emploi comme instrument méridien ou comme appareil parallactique, sont exposées à des flexions nuisibles à la précision des observations; de plus, l'astronome doit se déplacer avec l'oculaire, et, par suite, il est souvent forcé d'observer dans des positions incommodes. L. Foucault s'est proposé, dans les dernières années de sa vie, de construire un équatorial qui fît passer tout le ciel devant l'observateur, sans que celui-ci eût à se déplacer ou à déplacer sa lunette.

L'avantage de cette solution devient surtout notable quand

Digitized by Google

il s'agit de lunettes gigantesques, telles qu'on en construit beaucoup maintenant, et telles que devait être celle dont Foucault avait entrepris l'exécution. Une lunette montée équatorialement, selon la mode ordinaire, exige un tube rigide, un pied parallactique et un toit tournant; trois conditions de plus en plus difficiles à obtenir à mesure que les dimensions de la lunette augmentent.

L'idéal rêvé par Foucault était une lunette couchée horizontalement, dans une position invariable, devant laquelle un miroir plan amènerait successivement les différents points du ciel. Un Sidérostat de ce genre, même de grandes dimensions. n'offrirait pas alors de flexions nuisibles dans les pièces qui le composeraient, et il n'exigerait qu'une couverture relativement très-petite. Ainsi le petit Sidérostat actuel, construit pour une lunette de 20 centimètres d'ouverture et d'au moins 2 mètres $^4/_{10}$ de distance focale, qui exigerait, pour une monture équatoriale ordinaire, une coupole de $3^m,5$ de diamètre, ne demande qu'une maisonnette mobile, de 1 mètre de largeur sur 1^m $^1/_2$ de longueur et 2 mètres de hauteur.

Les instruments des cabinets de physique, tels que spectroscopes, appareils photographiques, photométriques, etc., quel que soit leur poids, leur volume et leur forme, viennent se placer devant le foyer de la lunette, comme devant le porte-lumière de la chambre obscure, et l'astronome peut étudier la lumière de tous les astres, dans les mêmes conditions où le physicien a étudié la lumière solaire.

Le principe géométrique du Sidérostat est le même que celui du grand héliostat de L. Foucault, mais il existe entre eux une différence profonde. Le physicien demande seulement à l'héliostat de renvoyer dans une direction constante la lumière d'un astre, sans se préoccuper de la source lumineuse elle-même; ce sont les rayons réfléchis qu'il étudie et non la source de la lumière. Le Sidérostat doit donner plus: une image du ciel qui soit la représentation identique du ciel

Digitized by Google

et de son mouvement. Foucault a pu résoudre ce problème, parce qu'il avait la solution de ses deux parties ; il avait, par son régulateur, obtenu le mouvement uniforme ; il avait aussi réalisé le plan optique, ou le miroir plan irréprochable. Le miroir du Sidérostat, essayé sur le ciel avec une excellente lunette de Cauche de 16 centimètres d'ouverture, qui appartient à l'observatoire, et avec des grossissements de 100 à 300 fois, ne produit aucune déformation du faisceau provenant d'une étoile, sous une incidence de plus de 45 degrés.

Le Sidérostat étant destiné à l'observation des astres dans la région la plus étendue du ciel, comprise entre le pôle nord et l'horizon sud, l'instrument, à l'inverse des héliostats, renvoie les rayons du nord au sud dans le plan du méridien, et suivant une direction presque horizontale. De là la position du miroir du côté de l'extrémité inférieure de l'axe horaire.

L'artiste avait, pour se guider dans la construction du Sidérostat, deux petits modèles en bois, l'un exécuté en 1866 pour l'observatoire impérial, l'autre construit pour L. Foucault, représentant l'appareil qu'il voulait placer à son observatoire de la rue d'Assas.

Tout l'instrument repose sur un socle en fonte, muni de trois vis calantes, avec mouvement de réglage en azimut. On y distingue trois parties : le miroir et sa monture, le mécanisme d'horlogerie qui le met en mouvement et le régulateur.

Il ne nous serait guère possible d'entrer ici dans tout le détail de cette construction ; on le trouvera dans le *Compte-rendu* cité plus haut, où il est accompagné d'une figure insérée dans le texte, qui représente le miroir monté avec tous ses accessoires.

Le mouvement d'horlogerie et son régulateur sont la reproduction de l'appareil de Foucault construit par M. Eichens pour l'exposition universelle de 1867. Ce moteur a été adapté depuis à plusieurs grands équatoriaux, et il donne lieu à un mouvement d'une parfaite régularité.

Digitized by Google

La direction apparente du mouvement diurne changeant chaque fois qu'on déplace le miroir, la détermination des positions relatives de deux astres exige un nouveau réglage de la direction des fils du micromètre. Mais cet inconvénient, qui existe aussi dans l'usage des télescopes à oculaire mobile, n'entraîne pas une perte de temps considérable. Il est plus sensible pour les mesures micrométriques d'étoiles doubles. Ici la fixité du micromètre, dit M. Wolf, engagera probablement les astronomes qui emploieront le Sidérostat à ce genre de mesures, à évaluer les angles de position à partir de la verticale ou de l'horizontale : et la connaissance de l'heure de l'observation suffira pour réduire ensuite les observations à la forme ordinaire.

La perte de lumière que fait éprouver la réflexion ne peut être regardée comme notable. Les expériences de Foucault ont démontré que l'argent poli des miroirs réfléchit les 0,94 de la lumière incidente: et l'expérience prouve que ce poli se conserve très-longtemps. La réargenture est d'ailleurs aujourd'hui une opération facile.

Un défaut plus réel du Sidérostat, ajoute M. Wolf, c'est de ne pas permettre l'exploration de toutes les parties du ciel. En faisant réfléchir le miroir vers le Sud, on perd la partie boréale comprise entre le pôle et le point nord de l'horizon, pour l'observation de laquelle il faudrait un Sidérostat renvoyant les rayons vers le Nord, et établi dans les conditions du grand héliostat de Foucault.

Enfin, comme instrument réflecteur, et aussi en raison du mode de liaison du miroir à l'axe horaire, le Sidérostat doit être très-sensible aux trépidations du sol et aux mouvements atmosphériques. L'expérience qui va être faite de l'instrument permettra de le juger à ces divers points de vue.

M. Laugier a ajouté à cette communication, que la méthode de Foucault pour étudier les surfaces réfléchissantes présente d'assez grandes difficultés dans son application ; mais qu'après avoir vu la manière d'opérer de M. Martin, il est

Digitized by Google

convaincu qu'un ouvrier capable et instruit peut acquérir, comme lui, toute l'habileté nécessaire à la construction du miroir plan et des surfaces paraboliques. Il rappelle qu'Arago avait indiqué, il y a une vingtaine d'années, tout le parti que l'astronomie pourrait tirer un jour de l'emploi du miroir plan pour les observations, et en particulier pour l'étude des instruments divisés. A cette époque, les opticiens n'étaient pas en mesure de construire une surface d'une étendue suffisante, jouissant de la propriété de ne pas changer le foyer astronomique des lunettes douées d'un pouvoir grossissant considérable. Aujourd'hui, dit M. Laugier, que le miroir plan peut être obtenu avec toute l'exactitude désirable, l'astronomie est en possession d'un nouveau moyen d'investigation, qui permettra de reculer encore la limite d'exactitude que les observations ont atteinte. A. G.

PHYSIQUE.

K. Schultz-Sellack. Ueber Diathermasie einer Reihe von Stoffen für dunkle Wærme. De la diathermanéité d'une série de corps pour la chaleur obscure. (*Monatsberichte der Kön. preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, octobre 1869.)

La plupart des corps sont athermanes pour la chaleur obscure émise à 100° par une surface recouverte de noir de fumée; il existe cependant un certain nombre de substances qui laissent passer, même sous une épaisseur plus considérable que 1^{mm}, une portion notable de la chaleur obscure émanant de cette source; les principaux sont: le sel gemme, le spath fluor, le sulfure de carbone, la teinture d'iode, le brome, enfin la sylvine ou chlorure de potassium. Ce sont par conséquent quelques corps élémentaires, et en outre quelques combinaisons de chlore, de fluor et de soufre. M. Schultz-Sellack a reconnu la même propriété, non-seulement chez tous les chlorures, mais encore chez tous les bro-

Digitized by Google

mures, iodures et fluorures des corps simples, qu'il a pu amener dans un état qui se prêtât à ce genre d'expérience. Il a trouvé aussi un certain nombre de sulfures qui laissent passer une portion notable de la chaleur obscure émise par une source telle qu'une surface recouverte de noir de fumée et chauffée à 100°.

Voici les chiffres qu'il a obtenus pour un certain nombre de ces substances :

SUBSTANCES DIATHERMANES.	Épaisseur de la substance	Proportion de chaleur transmise	
		noir de fumée à 100 degrés.	flamme du gaz d'éclairage.
Chlorure d'argent ($AgCl$).....	3mm	46 p. c.	30 p. c.
Bromure d'argent ($AgBr$).....	3	45	42
Bromure de potassium (KBr).....	3	16	13
Iodure de potassium (KIo).....	3	11	10
Cryolithe ($Al_2 Na_6 Fl_{12}$).....	10	7	23
Blende ($Zn S$).....	5	29	23
Sulfure d'arsenic avec excès de soufre ($As_2 S_3$).....	0,8	21	26
	3	8	12
Sélénium, modification vitreuse....	0,4	50	36
	3	16	5

La plupart de ces corps n'étaient pas absolument homogènes, de sorte qu'il pouvait se faire qu'une portion de la chaleur se perdît par diffusion.

On peut obtenir le chlorure ou le bromure d'argent sous forme de plaques absolument transparentes, en les fondant dans un courant de chlore ou de vapeurs de brome, et les coulant ensuite entre deux plaques de verre. En fondant pareillement des cristaux parfaitement propres de chlorure, de bromure ou de iodure de potassium, on peut se procurer ces corps sous forme de plaques transparentes comme du verre. C'est de cette façon que l'auteur a opéré pour ces différentes substances.

La diathermanéité du sulfure de zinc a été étudiée sur un

Digitized by Google

échantillon de blende parfaitement pur et transparent. En revanche, l'auteur a dû se contenter, pour ses expériences sur la cryolithe, d'une plaque très-fendillée et peu diaphane.

Le sélénium vitreux s'obtient facilement en plaques, pour des expériences de ce genre, par le procédé que nous avons déjà indiqué pour d'autres corps, à savoir qu'on le fond et le comprime ensuite entre deux plaques de verre. Des plaques de sélénium de moins de 1^{mm} d'épaisseur ne laissent passer de la lumière solaire qu'une mince bande dans l'extrême rouge du spectre : des plaques de cette substance, dont l'épaisseur dépasserait 2^{mm}, ne laissent plus passer la moindre trace de lumière solaire. Or, on a vu, par le tableau ci-dessus, que sous une épaisseur de 3^{mm}, le sélénium laisse encore passer 16 pour cent de la chaleur émise par une surface recouverte de noir de fumée et chauffée à 100° et 5 pour cent de la chaleur émise par la flamme du gaz d'éclairage. Enfin, en fondant ensemble de l'arsenic et du soufre en excès, de telle sorte que pour une partie de trisulfure d'arsenic il y ait en maximum trois parties de soufre, l'on obtient une masse molle et amorphe qui laisse passer également, comme on l'a vu, une portion assez notable de la chaleur obscure émanant de l'une ou de l'autre des deux sources de chaleur employées.

Un certain nombre de corps qui, à l'état solide, ne se prêtaient pas à ce genre d'expérience, ont été étudiés sous forme de dissolution, et étaient disposés à cet effet dans un vase en verre ayant comme faces latérales deux plaques plan-parallèles de sel gemme, de 2^{mm} d'épaisseur chacune, renfermant entre elles deux une couche liquide de 8^{mm} d'épaisseur.

Les chiffres inscrits dans le tableau suivant expriment la quantité de chaleur qui traverse le vase rempli de la dissolution rapportée à la quantité de chaleur qui traverse le vase vide et que l'on prend égale à 100.

Digitized by Google

SUBSTANCES DIATHERMANES.	Proportion de chaleur transmise	
	noir de fumée à 100 degrés	flamme du gaz d'éclairage.
Perchlorure d'étain ($Sn\,Cl_4$).....	44 p. c.	80 p. c.
Perchlorure de soufre ($S\,Cl_2$).....	41	95
Sulfure de carbone ($C\,S_2$).....	50	51
Phosphore dissout dans du sulfure de carbone.	52	57
Iodure d'étain ($Sn\,Io_4$) id.....	44	47
Trichlorure de carbone (C_2Cl_6) id.....	5	38
Chloroforme ($C\,H\,Cl_3$).....	2	30
Chlorure d'éthylène ($C_2\,H_4\,Cl_2$)	0	12
Iodure d'éthyle ($C_2\,H_5\,Io$).....	0	12

La dissolution de phosphore renfermait dix parties de phosphore pour une de sulfure de carbone, celle de iodure d'étain 1,5 parties d'iodure pour une partie de sulfure de carbone, celle de trichlorure de carbone une partie de chlorure pour une de sulfure de carbone. La présence du dissolvant n'empêche pas cependant de conclure à la diathermanéité du corps dissous.

M. Schultz-Sellack croit pouvoir conclure de son travail que les composés haloïdes des éléments sont tous plus ou moins diathermanes pour la chaleur émise à 100° par une surface recouverte de noir de fumée. Il en serait de même d'un certain nombre de sulfures. Les combinaisons haloïdes de radicaux plus complexes, tels que l'ammonium, l'éthyle, etc., ne paraissent pas partager sur ce point la propriété que M. Schultz attribue à tous les composés haloïdes des corps simples.

On admettait autrefois que, excepté le noir de fumée, tous les corps absorbent en plus fortes proportions la chaleur émanant de sources obscures que celle qui provient de sources lumineuses. L'on voit par ce travail que d'autres corps partagent la propriété du noir de fumée, et que le sélémium, la blende, le chlorure d'argent, le bromure d'argent, le bromure de potassium et l'iodure de potassium absorbent

Digitized by Google

moins les rayons émanant d'une source obscure que les rayons calorifiques de la flamme du gaz d'éclairage. E. S.

J.-C. POGGENDORFF. UEBER EINE VEREINFACHUNG, etc. SUR UNE SIMPLIFICATION APPORTÉE A LA CONSTRUCTION ET A L'EMPLOI DE LA MACHINE A INFLUENCE DE HOLTZ, PREMIER MODÈLE. (*Monatsberichte der Kön. preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, avril 1869, p. 322.)

Nous avons donné, lors de son invention, une description détaillée de la machine électrique à influence de Holtz, telle qu'elle était sous sa première forme, qui est du reste encore la plus répandue [1]. Nous avons donné en même temps l'exposé de la théorie de cette singulière machine, telle que M. Holtz la concevait lui-même. Cette théorie n'a jamais été entièrement admise; le rôle et l'utilité de certaines parties de la machine n'ont point été encore suffisamment établis. En tous cas, le travail dont nous cherchons à rendre compte ici est venu modifier sur certains points les idées que l'inventeur se faisait sur la distribution de l'électricité dans sa machine.

La machine de Holtz, on le sait, se compose de deux plateaux circulaires en verre, l'un tournant, l'autre fixe. Ce dernier présente un nombre pair d'évidements taillés soit en forme de secteurs se prolongeant jusqu'au pourtour du disque, soit en forme de fenêtres circulaires ou ovales qui n'entament point le contour de ce disque. Cette dernière disposition est pour ce fait même la plus commode, et permet de faire varier à volonté la position du disque. L'utilité de ces évidements n'a jamais été démontrée; dans le plan de l'inventeur, ils étaient destinés, comme on l'a vu, à rendre libre en avant de ces évidements l'électricité accumulée sur la face antérieure du disque tournant, laquelle était retenue

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1866, tome XXV, p. 121.

Digitized by Google

jusque-là par l'électricité de la face postérieure du disque fixe. Or M. Poggendorff a trouvé que l'on peut sans inconvénient pour la marche de la machine boucher ces fenêtres avec une plaque de verre ou de caoutchouc durci. Il a observé également que la languette de papier disposée dans chacun des évidements, et reliée à une bande également de papier formant armature à la partie extérieure du rebord de la fenêtre, fonctionne absolument comme un conducteur isolé qui serait électrisé par influence; l'une des deux électricités se porte à la pointe, tandis que l'électricité de nom contraire se porte à la base. Ainsi lorsqu'on touche l'extrémité de la languette avec l'armature positive d'une bouteille de Leyde ou avec le couvercle d'un électrophore, il arrive que pendant tout le temps que l'on fait tourner la machine, il s'échappe de l'électricité négative par la pointe de la languette, tandis que la positive se porte à sa base, d'où elle attire la négative du peigne placé en face d'elle et de l'autre côté du plateau tournant. Inversément, si l'on approche de l'extrémité de la languette une pointe électrisée négativement, ce sera l'électricité positive qui s'échappera de la pointe pendant tout le temps que la machine ira, et la négative au contraire qui se portera à la base de la languette et sur l'armature de papier placée sur la face postérieure du plateau fixe, de telle sorte que ce sera la positive qui s'écoulera par les pointes du peigne placé en face du bord inférieur de la fenêtre. Si l'on remplace le papier par une substance isolante, telle que du mica, la machine ne fonctionne pas. Si on le remplace par un bon conducteur, tel que du papier d'étain, par exemple, l'action de la machine est diminuée et cesse bientôt si l'on écarte les électrodes, par ce fait que l'électricité s'écoule trop rapidement par un aussi bon conducteur. L'on ne peut donc employer pour cette partie de la machine qu'un corps demi-conducteur, tel que du papier.

Ces faits et d'autres encore, observés par M. Poggendorff, l'amenèrent à comprendre le véritable rôle que jouent les

Digitized by Google

fenêtres du plateau fixe. Il était évident, en effet, d'après ce qui précède, que ces fenêtres servaient uniquement à livrer passage à l'électricité qui de la base de la languette doit pouvoir se répandre sur l'armature de papier avec laquelle elle est en communication par dessus le bord inférieur de la fenêtre.

Ce point étant acquis, il devenait facile de simplifier la construction de la machine, et c'est ce qu'a fait M. Poggendorff, en acquérant par là une preuve nouvelle de l'inutilité des fenêtres du plateau fixe. Il remplaça, en effet, les grands évidements pratiqués précédemment dans ce plateau par de petits trous circulaires de 18^{mm} de diamètre, qu'il boucha avec une rondelle en liége; ensuite, sur la face postérieure de cette rondelle, il colla l'armature de papier, sur la face antérieure la languette, qui était recourbée de manière à ce que sa pointe venait se placer à peu près au milieu de l'intervalle des deux plateaux. Avec cette disposition, l'effet de la machine fut exactement le même qu'avec les grands évidements, et cela tant pour la quantité que pour la tension.

La modification apportée de la sorte par M. Poggendorff à la machine de Holtz est une simplification notable pour sa construction, et permettra de la construire à meilleur marché, car c'est une opération délicate et assez dangereuse que d'entailler le plateau fixe, comme on le faisait jusqu'ici sans grande utilité.

La nouvelle disposition permet de plus de constater nettement que l'armature de papier doit se trouver à la face postérieure, la languette à la face antérieure du plateau fixe ; car si l'on retourne ce plateau, l'on n'obtient aucun effet, quand même l'on fait tourner le plateau mobile dans le sens inverse de celui dans lequel il tourne ordinairement.

L'on n'obtient donc aucun effet lorsque l'on change la position de l'armature et de la languette, l'on n'en obtient pas davantage lorsque l'on enlève l'un ou l'autre de ces deux éléments de la machine.

Digitized by Google

Un autre avantage de la nouvelle disposition, c'est qu'un seul plateau fixe, avec quatre armatures comme celles que nous venons de décrire, peut servir aussi bien avec deux peignes métalliques qu'avec quatre, de telle sorte que l'on peut très-facilement et en un instant passer de l'arrangement qui convient au cas de deux peignes à celui que nécessite l'emploi de quatre peignes, de manière à doubler la quantité d'électricité fournie par la machine. Ce dernier arrangement est très-avantageux, comme on le sait, lorsqu'il s'agit de substituer le courant d'influence au courant d'induction, par exemple, lorsque l'on fait passer le courant de la machine de Holtz dans des tubes de Geissler; mais on perd de la sorte en tension ce que l'on gagne en quantité d'électricité. Pour la plupart des expériences d'électricité statique, pour charger des batteries, obtenir de longues étincelles, etc., il faut réduire la machine à deux éléments.

Nous ne parlerons pas ici des modifications de détail que MM. Holtz et Poggendorff ont introduites dans l'emploi de la machine à influence, et qui ont pour but la plupart d'éviter les inversions brusques de courant qui s'y produisent parfois lorsque l'on ne prend pas pour les empêcher des précautions spéciales. Ces modifications consistent essentiellement dans la prolongation des armatures de papier sur toute la surface d'un cadran, et dans un conducteur auxiliaire reliant entre elles les deux extrémités de ces armatures prolongées. Renvoyant pour ces détails et pour les autres modifications apportées à la forme primitive et type de la machine à influence aux différentes notes publiées sur ce sujet par MM. Holtz et Poggendorff [1], nous nous bornerons à ce qui tend à éclaircir la théorie jusqu'ici si obscure de cette remarquable machine.

M. Poggendorff a déjà observé précédemment que l'on peut charger la machine non-seulement en électrisant une des ar-

[1] *Poggend Annalen*, t. CXXV, p. 157; t. CXXVII, p. 320; t. CXXX, p. 128, 168 et 287; t. CXXXIV. p. 600; t. CXXXVI, p. 171.

Digitized by Google

matures, mais aussi en électrisant préalablement en sens inverse les deux moitiés du plateau fixe. Ainsi, lorsqu'après avoir chargé la machine par le procédé ordinaire, on l'arrête et qu'on décharge aussi bien les électrodes de la machine que les armatures de papier, les deux moitiés du plateau fixe restant seules chargées d'électricités contraires, l'on voit la machine rentrer en activité dès qu'on fait tourner de nouveau le plateau mobile. Elle se recharge sous l'action de ces deux demi-plateaux, lesquels jouent réellement ici le même rôle que deux électrophores chargés de deux électricités contraires. Si. en faisant cette expérience, l'on tourne le plateau fixe de 180°, la machine se recharge de même dès qu'on fait tourner le plateau mobile, mais le courant cette fois est inverse de celui qu'elle donnait d'abord.

On peut faire enfin la même expérience en ne tournant le plateau fixe que de 90°, de telle sorte que les armatures ne se trouvent plus en face des peignes métalliques, et ne jouent plus par conséquent aucun rôle pour renouveler incessamment la charge des deux électrophores. Le courant obtenu de la sorte ne résulte plus absolument que des quantités d'électricités contraires accumulées une fois pour toutes sur ces deux électrophores. M. Poggendorff l'appelle *courant électrophorique (Elektrophorstrom)*. Le sens de ce courant ne dépend évidemment que de la position du plateau fixe et nullement du sens dans lequel tourne le plateau mobile. Ce courant se prolonge assez longtemps et possède une certaine intensité ; ainsi M. Poggendorff lui a vu donner des étincelles de cinq pouces de longueur. Il ne peut point cependant remplacer le courant ordinaire de la machine de Holtz, ni même servir à l'expliquer, car le jeu et la distribution de l'électricité y sont infiniment plus compliqués que cela, quand ce ne serait que pour ce qui tient à cette régénération constante qui fait de cette machine une source inépuisable d'électricité. Au contraire, les deux électrophores livrés à eux-mêmes finissent au bout de quelque temps par se décharger et même parfois

Digitized by Google

se charger en sens inverse, ce que M. Poggendorff a constaté en ramenant le plateau fixe de 90° en arrière, dans sa position primitive, et en observant qu'alors la machine ou bien ne donne point de courant, ou bien donne un courant inverse de celui qu'elle donnait avant que le plateau eût été déplacé.

En terminant, M. Poggendorff indique une disposition à l'aide de laquelle on peut obtenir, outre le *courant principal* de la machine *(Hauptstrom)*, un second courant qui est également un courant *électrophorique*. Pour cela il faut disposer les deux armatures du plateau fixe l'une au-dessus de l'autre, et placer en avant de ces deux armatures les deux peignes d'un conducteur auxiliaire dans lequel passera le courant principal, tandis que le courant électrophorique passera dans les deux électrodes de la machine.

Voilà comment l'auteur explique dans ce cas la production et la distribution de l'électricité. Supposons que l'on électrise positivement l'armature supérieure, il s'écoulera de l'électricité négative des pointes du peigne correspondant, sur la face antérieure du plateau tournant, celle-ci est emportée devant le peigne horizontal de droite, dont elle attire l'électricité positive, la négative s'écoulant dans le conducteur. La même chose se produit en sens inverse dans la seconde partie de la rotation. En admettant que le courant va de l'électrode positive à l'électrode négative, l'on voit que le courant principal dans cette hypothèse va de haut en bas, et le courant électrophorique de gauche à droite. Ce dernier est donc bien produit par l'électricité qui s'est écoulée sur le plateau tournant, et non point par celle qui est accumulée sur le plateau fixe, laquelle donnerait un courant inverse. L'électricité qui a passé des armatures de papier sur le cadran adjacent du plateau fixe est en effet de nom contraire à celle qui s'est écoulée du peigne du conducteur auxiliaire sur le plateau. Du reste, on peut se convaincre de ce renversement que le conducteur auxiliaire produit sur le

Digitized by Google

courant électrophorique, par le fait que si on l'enlève, l'on a un courant électrophorique plus faible et en sens inverse. Ce courant est donc la différence de deux courants, électrophoriques tous deux, et de sens inverse. Aussi la quantité d'électricité qui y est produite est-elle très-faible, tandis que sa tension est très-grande. Ce courant ne s'affaiblit pas graduellement comme celui dont il a été question plus haut, il se renouvelle par le jeu même de la machine, et il est admirablement approprié à charger des bouteilles de Leyde. M. Poggendorff lui a vu donner des étincelles de plus de six pouces. E. S.

G. Magnus. Veränderung der Wärmestrahlung, etc. Variations qu'éprouve l'intensité du rayonnement calorifique d'un corps avec le degré de poli de sa surface. (*Monatsberichte der Kön. preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, octobre 1869, p. 713.)

C'est Leslie[1] qui le premier a fait l'observation que certains corps émettent d'autant plus de chaleur que leur surface est moins polie. Il avait tout d'abord cherché à expliquer ce fait par le changement que la densité superficielle d'un corps subit en même temps que l'on fait varier le degré du poli, et puis il avait fini par admettre plutôt que les aspérités que présente une surface dépolie ont la faculté de laisser échapper plus facilement la chaleur, qu'une surface plane. Melloni[2] a repris plus tard et défendu l'idée que les variations qu'éprouve le pouvoir émissif d'un corps avec le degré de poli de sa surface tiennent aux changements de densité qui doivent se produire en même temps à la surface de ce corps. Il justifiait cette manière de voir en particulier par ceci, c'est que le degré du poli n'exerce cette influence que

[1] *An Inquiry into the nature of Heat*, p. 89.

[2] *Comptes rendus*, tome VII, p. 238. *Annales de chimie et de phys.*, 2me série, tome LXX, p. 435. *Poggend. Annalen*, tome XLV, p. 57.

Digitized by Google

chez des corps compressibles tels que les métaux, mais point chez des corps élastiques tels que le verre, le jayet, l'ivoire, etc. De plus, en comparant entre eux les différents corps au point de vue de leur pouvoir émissif pour la chaleur, l'on reconnaît que celui-ci est à peu de chose près inversément proportionnel à leur densité; il est donc naturel d'admettre, et c'est ce qu'a fait Melloni, que cette même loi s'applique aux différents états dans lesquels un seul et même corps peut présenter des densités différentes. Or, il est bien connu que les métaux tirés au laminoir ou martelés présentent une plus grande densité à leur surface que dans leur intérieur. Si donc l'on observe chez les métaux rayés une augmentation du pouvoir émissif, cela doit tenir à ce que, en les rayant, on met à nu les parties intérieures moins denses que la couche écrouie qui les recouvrait. Pour le démontrer, Melloni citait entre autres l'expérience qu'il exécuta avec un cube dont les faces latérales étaient formées par quatre plaques d'argent : deux de ces plaques avaient été martelées, l'une d'elles était polie, l'autre rayée; les deux autres plaques avaient été coulées et refroidies lentement; l'une d'elles également était polie, l'autre rayée. Il reconnut, en comparant entre elles les quantités de chaleur émises par ces différentes plaques, qu'en rayant la plaque écrouie on augmente son pouvoir émissif, tandis qu'en faisant subir la même opération à la plaque coulée, on diminue au contraire ce même pouvoir émissif; dans le premier cas, on détruit la couche superficielle plus dense, dans le second cas l'action est tout autre : la densité étant au début la même pour toute la masse du corps, on l'augmente à la surface par la compression qu'on exerce sur elle en la rayant.

Plus récemment des expériences exécutées sur le même sujet par M. Knoblauch [1], sont venues confirmer, en apparence du moins, les idées de Melloni. Une de ces expériences consista à recouvrir d'une mince couche galvanique deux

[1] *Poggend. Annalen*, tome LXX, p. 343.

Digitized by Google

plaques de cuivre, l'une rayée, l'autre polie, qui avant cette opération avaient montré des pouvoirs émissifs fort différents, et qui, après avoir été ramenées de la sorte à posséder la même densité superficielle, se trouvèrent aussi avoir le même pouvoir émissif.

M. Magnus n'admettant point l'interprétation donnée par ces divers physiciens à leurs expériences, a repris entièrement l'étude de cette question, et est arrivé à des conclusions tout opposées à celles qui étaient admises jusqu'ici.

Le savant physicien de Berlin reconnut d'abord qu'une feuille de platine fortement écrouie par un laminage énergique émet une quantité de chaleur tout aussi considérable dans cet état qu'après avoir été recuite. D'où il paraît résulter clairement que la dureté d'un corps, toutes conditions égales d'ailleurs, n'influe pas sur son pouvoir émissif.

Il observa ensuite qu'une plaque de platine qui avait été passée entre deux laminoirs, dont l'un présentait de petites rainures très-fines, l'autre étant absolument lisse, n'émettait pas plus de chaleur par la face ainsi rayée que par la face opposée et polie. D'où il suit que des sillons pratiqués régulièrement à la surface d'un corps n'augmentent pas nécessairement son pouvoir émissif.

De plus, si l'on frotte avec du papier d'émeri fin une plaque de platine préalablement recuite dans la flamme de la lampe d'émailleur et rendue tout à fait tendre par suite de cette opération, l'on peut arriver en la rayant à doubler son pouvoir émissif. Or il n'est pas probable qu'une pareille augmentation provienne seulement du changement nécessairement très-faible que l'on a pu produire sur la densité superficielle de la plaque en la rayant.

M. Magnus s'est servi pour ses expériences d'un cylindre en laiton ayant un diamètre et une longueur égaux tous deux à 50^{mm}. L'une des deux bases de ce cylindre est formée par la plaque sur laquelle on veut opérer et qui est

Digitized by Google

maintenue à 100° par un courant continu de vapeur d'eau qui traverse le cylindre. Cette plaque, qui doit évidemment pouvoir se changer très-facilement, vient s'appliquer sur un large rebord que présente le cylindre et contre lequel on la serre à l'aide d'un anneau en laiton et de trois vis. On obtient une fermeture hermétique en disposant entre la plaque et le rebord du cylindre un anneau de papier très-fort qui fait office de cuir.

Pour éviter que la surface sur laquelle il opérait, traitée de la sorte au papier d'émeri, ne présentât quelque impureté, M. Magnus la plongeait, après l'avoir dépolie, dans de l'acide azotique chaud, la lavait ensuite avec de l'eau distillée et la séchait enfin sans se servir d'aucun linge. En outre, par l'emploi du platine il évitait d'opérer, comme l'avaient fait d'autres expérimentateurs, soit sur des métaux attaquables par l'hydrogène sulfuré, comme l'argent, soit sur des métaux facilement oxydables, tels que le cuivre et le plomb.

Une dernière expérience citée par M. Magnus consiste à recouvrir une plaque de platine d'une mince couche de mousse de platine, ce qui se fait en la chauffant fortement, après l'avoir enduite de protochlorure de platine ammoniacal. Par cette opération, on communique à cette plaque un pouvoir émissif sept fois plus fort que celui qu'elle possédait d'abord. Or, cette augmentation ne peut pas tenir à un changement de densité, car les petites particules qui composent la mousse doivent avoir toutes séparément, à très-peu de chose près, la même densité que la plaque.

A la suite de ces observations, qui, on le voit, ébranlent singulièrement les conclusions présentées par Melloni et généralement admises après lui, M. Magnus a cherché à expliquer l'influence du degré de poli d'un corps sur son pouvoir émissif pour la chaleur, non plus par les variations de densité qui peuvent se produire à la surface de ce corps, mais par le fait que les aspérités qui se trouvent à la surface

Digitized by Google

d'un corps dépoli peuvent par leur présence modifier les proportions dans lesquelles les rayons calorifiques sortent de ce corps ou sont réfléchis dans son intérieur. Plus l'indice de réfraction est grand pour les rayons calorifiques qui passent d'un corps quelconque dans l'air, plus est grand le nombre des rayons qui subissent la réflexion totale, moins par conséquent le corps émet de chaleur au dehors. Les métaux ont indubitablement un indice de réfraction très-grand : aussi ils réfléchissent en très-grandes proportions les rayons qui tombent sur leur surface, et n'émettent qu'une faible partie des rayons qui viennent de leur intérieur. M. Magnus a trouvé que la présence d'un petit nombre de grandes aspérités n'augmente que peu et même point du tout le nombre des rayons sortant, et qu'il ne se produit un changement un peu notable du pouvoir émissif d'un corps que lorsque les rayons de courbure de ces aspérités sont très-petits et changent très-rapidement, de plus lorsque la substance rayonnante est très-peu diathermane. D'une manière générale, lorsqu'on raye une surface, il peut se faire aussi bien que l'on diminue son pouvoir émissif que l'inverse. Mais lorsque les sillons que l'on pratique de la sorte sont très-fins et très-profonds, il arrive presque toujours, lorsqu'il s'agit d'une substance peu diathermane, comme les métaux, que leur présence augmente son pouvoir émissif. Lorsque la surface d'un corps est recouverte d'une poussière fine de la substance qui le compose, son pouvoir émissif augmente toujours dans de très-fortes proportions, et cela non-seulement pour des subtances peu diathermanes, comme les métaux, mais même pour des substances très-diathermanes, comme le sel gemme.

E. S.

Digitized by Google

CHIMIE.

Th. Graham. Nouvelles recherches sur l'hydrogénium. (*Proceedings of the Royal Society*, juin 1869, et *Philosophical Magazine*, décembre 1869.)

L'auteur, dans un précédent mémoire [1], en se fondant sur l'allongement que subit un fil de palladium par suite de l'occlusion de l'hydrogène, a conclu que la densité de l'hydrogénium était un peu au-dessous de 2. Dans un nouveau travail, qui a précédé de quelques semaines seulement sa fin prématurée, l'éminent chimiste est arrivé à conclure qu'un autre nombre, égal à la moitié du précédent, peut se déduire avec autant de probabilité des mêmes données expérimentales. Ce double résultat paraît être la conséquence du phénomène de raccourcissement permanent observé dans le fil de palladium après l'expulsion de l'hydrogène. Dans une expérience décrite précédemment, un fil de 609^{mm},14 de long atteignit, après avoir été chargé d'hydrogène, la longueur de 618^{mm},92, et puis se raccourcit jusqu'à 599^{mm},44 après l'expulsion du gaz. L'allongement était ainsi de 9^{mm},77, et le retrait de 9^{mm},7, équivalant à une différence totale de 19^{mm},47, l'allongement et le retrait étant d'ailleurs égaux. Or, il n'est nullement impossible que le volume ajouté au fil par l'absorption de l'hydrogénium soit représenté par l'allongement et le retrait pris ensemble, et non par l'allongement tout seul, comme l'auteur l'avait supposé jusqu'à présent. Il suffit pour cela d'admettre, ce qui d'ailleurs paraît très-probable, que le retrait des molécules de palladium a lieu au moment de la première absorption de l'hydrogène, et qu'elles n'attendent pas l'expulsion du gaz pour se rapprocher. De cette façon, l'hydrogénium occuperait un volume double de celui qui lui avait été assigné précédemment, et partant, sa densité se trouverait réduite de moitié. Ainsi dans l'expérience citée

[1] Voyez *Archives*, tome XXXIV, p. 183, février 1869.

Digitized by Google

plus haut, le volume de l'hydrogénium dans l'alliage s'élèvera, d'après la nouvelle donnée, de 4,68 pour cent à 9,36 pour cent, et sa densité tombera de 1,708 à 0,854. Dans une série de quatre expériences sur le même fil également consignées dans le mémoire précédent, la somme des retraits s'est trouvée un peu plus grande que la somme des allongements, justifiant ainsi une plus grande réduction dans la densité de l'hydrogénium, laquelle ne serait plus que de 0,8051. Il convient toutefois d'observer que la première expérience, dans l'hydrogénation d'un fil quelconque de palladium, est celle qui paraît donner les résultats les plus uniformes. L'expulsion subséquente de l'hydrogène par la chaleur endommage toujours plus ou moins le fil, et affecte probablement la régularité de sa dilatation en divers sens, tandis que dans une première expérience l'égalité de l'expansion et du retrait paraît d'une certitude absolue. L'auteur cite à l'appui de cette opinion l'expérience suivante sur un fil neuf de palladium pur. Ce fil, après avoir reçu une pleine charge d'hydrogène, savoir, $956^{vol},3$, s'est allongé de $609^{mm},585$ à $619^{mm},354$, soit de $9^{mm},769$. Après l'expulsion de l'hydrogène, sa longueur n'était plus que de $600^{mm},115$, soit de $9^{mm},470$ au-dessous de sa longueur primitive. Dans ce cas l'allongement et le retrait se sont trouvés égaux à $0^{mm},3$ près. La somme des deux changements, représentée par $19^{mm},239$, peut être considérée comme la mesure de l'augmentation en longueur du fil due à l'addition de l'hydrogène. Elle indique une expansion linéaire de 3,205 pour cent, et une expansion cubique de 9,827 pour cent. La composition du fil serait donc représentée comme suit :

Palladium	100,000	ou	90,895
Hydrogénium . .	9,827	ou	9,105
	109,827	ou	100,000

La densité du palladium était 12,3, le poids du fil $1^{gr},554$,

Digitized by Google

et son volume $0^{cc},126$. Le volume de l'hydrogène occlus était de $120^{cc},5$. Le poids du même serait de $0^{gr},0108$, et le volume de l'hydrogénium de $0^{cc},01238$. On aurait donc :

$$100 : 9,827 = 0,126 : 0,01238,$$

d'où la densité de l'hydrogénium serait de $\frac{0,0108}{0,01238} = 0.872$; résultat qui se rapproche beaucoup du précédent.

Il a été déjà remarqué dans un précédent mémoire que le palladium allié à l'argent continuait à occlure l'hydrogène. Depuis lors l'auteur a constaté qu'il en est de même des alliages du palladium en général, pourvu que la proportion du second métal ne dépasse pas notablement la moitié du mélange. Ces alliages éprouvent tous une dilatation par suite de l'absorption de l'hydrogène, et ce qu'il y a de singulier, c'est qu'avec la même addition d'hydrogène, cette dilatation est plus grande, environ le double que dans le cas du palladium pur. Après l'expulsion de l'hydrogène au moyen de la chaleur, l'alliage revenait chaque fois à sa longueur primitive sans raccourcissement du fil. Le retrait si embarrassant du palladium avait donc disparu.

Palladium, platine et hydrogène. — Cet alliage est très-malléable et ductile. Sa densité est de 12,64. De même que le palladium pur, il absorbe avec avidité l'hydrogène. Un fil de $601^{mm},845$ a atteint la longueur de $618^{mm},288$, après avoir absorbé $701^{vol},9$ de gaz hydrogène. Ces nombres indiquent un allongement linéaire de $16^{mm},443$ ou de 2,732 pour cent, et une dilatation cubique de $8^{vol},423$ pour cent. Le produit peut être représenté comme suit :

	En volume		
Métaux fixes. . . .	100,000	ou	92,225
Hydrogénium. . .	8,423	ou	7,775
	108,423		100,000

Digitized by Google

Les éléments pour le calcul de la densité de l'hydrogénium sont les suivants, en supposant, comme précédemment, que les métaux s'unissent sans condensation :

Poids primitif du fil	$4^{gr},722$
Volume primitif du fil.....	$0^{cc},373$
Volume de l'hydrogène extrait.....	$264^{cc},5$
Poids de ce même hydrogène (calculé).	$0^{gr},0237$

Dans ce cas, le volume de l'hydrogénium sera au volume du fil, $0^{cc},373$, comme 100 est à 8,423, c'est-à-dire $0^{cc},03141$; et en divisant le poids de l'hydrogénium par son volume, savoir, $\frac{0,0237}{0,03141}$. on trouve pour la densité de l'hydrogénium, 0,7545.

En chassant par la chaleur rouge tout l'hydrogène du fil, celui-ci a paru revenir très-exactement à ses premières dimensions. Dans ce cas, la présence du platine paraît avoir eu pour effet de soutenir, pour ainsi dire, le palladium, de telle façon qu'aucun retrait du métal ne pût avoir lieu. Cet alliage indique donc la véritable augmentation de volume causée par l'absorption de l'hydrogénium, en évitant la complication provenant du retrait du métal fixe. Il est donc évident que le retrait du palladium pur doit avoir lieu dès la première entrée de l'hydrogène dans le métal. L'allongement du fil, dû à l'absorption de l'hydrogénium, se trouve ainsi annullé pour la moitié environ, et le volume apparent de l'hydrogénium est réduit d'autant. C'est par cette raison que la densité de l'hydrogénium a d'abord été représentée comme le double de ce qu'elle est en réalité.

M. Graham a répété les expériences ci-dessus sur des alliages de palladium et d'or, et de palladium et d'argent avec l'hydrogénium. Il a remarqué à cette occasion que le pouvoir absorbant du palladium disparaît entièrement lorsqu'on le fait fondre avec beaucoup plus que son poids d'un métal fixe. Les alliages de palladium, contenant de 70 à 80 pour

Digitized by Google

cent d'argent, n'absorbent pas la plus petite quantité d'hydrogène.

L'espace nous manque pour entrer dans le détail des expériences subséquentes de M. Graham, destinées à déterminer la densité de l'hydrogénium d'après l'allongement, par suite de l'occlusion de l'hydrogène, d'un fil composé d'un alliage d'or et d'un alliage d'argent avec le palladium. Nous remarquerons seulement que dans le cas de ces alliages, comme dans celui du platine, le fil, après l'expulsion de l'hydrogène, paraît revenir exactement à sa longueur primitive, sans retrait sensible du métal fixe.

Les conclusions définitives auxquelles l'auteur a été conduit au sujet de la densité de l'hydrogénium, par ses combinaisons avec le palladium seul et avec des alliages de palladium et d'autres métaux, peuvent être résumées comme suit:

	Densité de l'hydrogénium observée.
En combinaison avec le palladium . .	0,854 à 0,872
» » et le platine. . .	0,7401 à 0.7545
» » et l'or.	0.711 à 0,715
» » et l'argent . . .	0,727 à 0.742

On remarquera que ces résultats, compris entre 0,711 et 0,7545, présentent une très-grande uniformité dans le cas des alliages composés, lesquels, comme nous l'avons vu, permettent d'éviter le retrait. L'auteur adopte donc, au moins provisoirement, la moyenne entre ces deux extrêmes, soit le nombre 0,733, comme représentant très-approximativement la densité de l'hydrogénium.

Julius Thomsen. Recherches thermo-chimiques. 2me partie: Sur les hydracides du chlore, du brome, de l'iode, du fluor et du cyanogène. (*Poggend. Annalen*, t. CXXXVIII, p. 201.)

Ayant exposé d'une manière complète dans un article pré-

Digitized by Google

cédent[1] la méthode expérimentale suivie par l'auteur et la méthode de calcul par laquelle il conclut, de l'effet thermique produit dans une réaction, la nature et la grandeur de l'action chimique qui a eu lieu, je me bornerai à résumer ici les résultats très-intéressants auxquels l'a conduit l'étude des principaux hydracides. Ils montrent combien est précieuse la voie dans laquelle il est entré pour établir entre des corps semblables par leur constitution des analogies et des différences caractéristiques que l'étude seule de leurs propriétés chimiques n'avait pas suffisamment établies.

J'ai signalé dans l'article précédent quelques circonstances dont il me semblait que l'auteur n'avait pas suffisamment tenu compte et qui pouvaient inspirer quelques doutes sur la parfaite exactitude de ses résultats. Mais, tout en maintenant les observations que j'ai présentées sur ce sujet, je ne pense pas que les corrections qu'il faudrait apporter aux résultats numériques qu'il a obtenus, si l'on pouvait calculer l'influence de ces légères causes d'erreurs, fussent de nature à modifier sensiblement les conséquences qu'il tire de ses observations.

Acide chlorhydrique. Il a été établi, dans le mémoire précédent, que la chaleur de neutralisation de cet acide par la soude est de 13740 calories, et qu'un excès d'acide agissant sur le chlorure de sodium ne donne lieu qu'à une absorption de chaleur insignifiante, —32 calories.

M. Thomsen s'est assuré de plus qu'il n'y a pas d'effet thermique produit par l'action de la soude sur le chlorure de sodium. La chaleur de neutralisation est donc proportionnelle à la quantité d'acide jusqu'à ce que celle-ci atteigne la proportion fixe d'un équivalent pour un de soude.

L'avidité de l'acide chlorhydrique (tendance à se combiner avec la soude), ayant été trouvée égale à celle de l'acide azotique et supérieure à celle de tous les autres acides, M. Thomsen la représente par le chiffre 1.

[1] *Archives*, tome XXXVI, p. 301.

Digitized by Google

Acide bromhydrique. Sa chaleur de neutralisation est la même que celle de l'acide chlorhydrique, 13748 calories.

Un second équivalent d'acide donne lieu à une très-faible absorption de chaleur, —40 calories.

L'avidité de cet acide a été déterminée par l'étude des effets thermiques produits, soit par l'action de l'acide sulfurique sur le bromure de sodium, soit par celle de l'acide bromhydrique sur le sulfate de soude. Il en résulte que la soude se partage entre l'acide bromhydrique et l'acide sulfurique dans le rapport de 0,645 : 0,354. L'avidité de l'acide bromhydrique est donc de 1,82 par rapport à celle de l'acide sulfurique, ou 0,89 en prenant pour unité celle de l'acide chlorhydrique.

Acide iodhydrique. Sa chaleur de neutralisation, presque identique avec celle des deux acides précédents est de 13676 calories. Pour le second équivalent d'acide, l'absorption de chaleur est de —56 calories. L'avidité de cet acide est de 1,61 par rapport à l'acide sulfurique, et 0.79 par rapport à l'acide chlorhydrique.

Acide fluorhydrique. Cet acide se distingue à plusieurs égards des précédents. Sa chaleur de neutralisation, la plus grande qui ait été encore observée, est de 16272 calories. Un second équivalent d'acide, ajouté au fluorure de sodium, donne lieu à une absorption de chaleur très-notable, —288 calories [1].

Enfin, ce qui établit surtout la plus grande différence entre cet acide et les précédents, c'est la faiblesse de son avidité : elle peut être exprimée approximativement par le chiffre 0,05; ce qui veut dire qu'entre des équivalents égaux d'acide chlorhydrique et d'acide fluorhydrique, les $\frac{19}{20}$ de la soude se combinent avec le premier et $\frac{1}{20}$ seulement avec le second.

Acide cyanhydrique. La chaleur de neutralisation de cet

[1] Ce fait, analogue à celui qui se présente pour l'acide sulfurique, tient évidemment à ce que ces deux acides peuvent former des sels biacides, tandis que les autres hydracides n'ont pas cette propriété.

Digitized by Google

acide est beaucoup moindre que celle des précédents. Elle est proportionnelle à la quantité d'acide jusqu'à un équivalent, et est alors de 2766 calories. Un second équivalent acide donne lieu à un très-faible dégagement de chaleur, 26 calories.

Quant à l'avidité de cet acide, elle est si faible qu'elle n'est pas appréciable. Il n'y a aucun effet thermique produit par l'action de l'acide cyanhydrique sur le sulfate de soude.

Ces expériences prouvent que les acides chlorhydrique, bromhydrique et iodhydrique forment, au point de vue de leur rôle thermique, comme à celui de leurs propriétés chimiques, un groupe parfaitement déterminé, dont les deux autres hydracides ne font point partie.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

CIENKOWSKI. UEBER DIE CLATHRULINA, etc. SUR LES CLATHRULINA, NOUVEAU GENRE D'ACTINOPHRYENS. (*Archiv für mikr. Anat.*, III, 1867, p. 311.)—GREEFF. UEBER ACTINOPHRYS, etc. SUR L'ACT. EICHHORNII ET UN NOUVEAU RHIZOPODE D'EAU DOUCE. (*Ibid.*, p. 566.)—LE MÊME. UEBER RADIOLARIEN, etc. SUR LES RADIOLAIRES ET LEURS PROCHES PARENTS PARMI LES RHIZOPODES D'EAU DOUCE. (*Ibid.*, V, 1869, p. 459.)—FOCKE. UEBER SCHALENLOSE RADIOLARIEN, etc. SUR DES RADIOLAIRES D'EAU DOUCE DÉPOURVUS DE COQUE. (*Zeitschr. für wiss. Zool.*, XVIII, p. 345.) — GRENACHER. BEMERKUNGEN, etc. REMARQUES SUR L'ACANTHOCYSTIS VIRIDIS. (*Ibid.*, XIX, p. 289.) — LE MÊME. UEBER ACTINOPHRYS SOL. SUR L'ACTINOPHRYS SOL. (*Verhandl. d. Würzburger Phys. Med. Gesellchaft*, N. F. Band I, p. 166.) — ARCHER. ON SOME FRESHWATER RHIZOPODA, etc. SUR DES RHIZOPODES D'EAU DOUCE NOUVEAUX OU PEU CONNUS. (*Quarterly Journal of microscopic. Science*, IX, p. 397 et X, p. 17.)

Les Rhizopodes peuplent, comme l'on sait, en abondance

Digitized by Google

toutes les mers. Mais un petit nombre seulement des ordres constituant cette classe, à savoir les Rhizopodes nus ou amibes et les Monothalames, se retrouvent en grand nombre dans les eaux douces. Les Polythalames, qui étonnent par l'immensité de leur développement dans les faunes marines actuelles et passées, ne comptent aujourd'hui pas un seul représentant dans les eaux douces. Il en était, jusqu'ici, à peu près de même du groupe des Radiolaires ou Polycystines, si riche en formes et en couleurs, surtout dans les mers chaudes.

Toutefois, on a déjà plusieurs fois, durant ces dernières années, essayé de démontrer des relations plus intimes entre certains Rhizopodes d'eau douce et les Radiolaires de la mer. Ces tentatives sont aujourd'hui couronnées de succès, grâce aux recherches approfondies de plusieurs observateurs. Ce sont surtout les Actinophrys qui ont servi de point de départ à ces travaux, et la parenté, soit de ce genre, soit surtout de quelques autres genres voisins, avec les Radiolaires, paraît mise hors de doute par les travaux successifs de MM. Max Schultze, Carter, Cienkowski, Archer, Hæckel. Greeff, Focke, Kölliker et Grenacher.

Une des formes les plus remarquables, parmi celles qui trouvent ici leur place, est un Rhizopode découvert, à peu près simultanément (1867) par M. Archer et M. Cienkowski, et retrouvé, plus tard, par M. Hæckel et M. Greeff. Cet animal est connu sous le nom de *Clathrulina elegans*, et il a été étudié surtout, avec un soin tout spécial, par M. Cienkowski, et, plus tard, par M. Greeff. Le caractère le plus remarquable de ce Rhizopode, caractère qui l'unit étroitement aux Radiolaires, c'est l'existence, autour de son corps, d'une coque siliceuse, percée à jour d'un grand nombre d'ouvertures, au point d'apparaître comme une sorte de treillis. Un autre caractère, fort remarquable, mais étranger à tous les Radiolaires marins jusqu'ici connus, c'est l'existence d'un pédoncule tubulaire, par lequel la coque est fixée soit à des corps

Digitized by Google

étrangers, soit aux batonnets siliceux du treillis d'un autre individu de la même espèce. M. Cienkowski a décrit le corps du Rhizopode enfermé dans cette coque, comme identique en tous points avec celui d'une Actinophrys. Cependant M. Greeff ne partage pas entièrement cet avis. Il trouve le corps de la Clathrulina muni d'un bord irrégulièrement lobé, par suite de la base élargie des pseudopodes. Ceux-ci se ramifient *fréquemment*, soit à leur naissance, soit à leur extrémité, et contractent, en outre, des anastomoses fréquentes entre eux. Enfin, toute vésicule contractile fait défaut. Tous ces caractères font défaut aux Actinophrys.

Le protoplasma du corps renferme constamment de nombreuses vacuoles et un nucléus de forme vésiculeuse. La reproduction se fait, comme M. Cienkowski l'a montré, soit par division spontanée, soit par enkystement. La division a lieu par l'étranglement de l'animal, en deux moitiés, dans l'intérieur de la coque. L'un des individus, ainsi produits, se glisse au dehors par une des ouvertures de l'enveloppe siliceuse, passe par une sorte de phase d'Actinophrys, pour se transformer bientôt en une véritable Clathrulina, par la sécrétion d'une tige et d'une coque. L'enkystement est précédé d'une division plusieurs fois répétée du corps protoplasmatique dans l'intérieur de la coque.Chacun des produits de cette division s'entoure d'un kyste sphérique, où il reste à un etat de vie latente pendant plusieurs mois. Puis les kystes s'ouvrent, les jeunes individus en sortent, glissent au dehors par une ouverture de la coque du parent, et se développent comme des produits de la simple division ci-dessus décrite. M. Greeff a confirmé l'exactitude de toutes ces observations.

Il est certain que si l'on rencontrait la Clathrulina dans la mer, ou à l'état fossile, surtout privée de sa tige, on n'hésiterait pas un instant à la classer parmi les Radiolaires. On la placerait, comme le fait remarquer M. Greeff, dans la famille des Ethmosphérides, tout auprès du genre Héliosphère. Il est clair que la présence de la tige n'est pas suffisante pour rom-

Digitized by Google

pre ces affinités. C'est une forme sédentaire au lieu d'une forme errante. Les Radiolaires présentent, il est vrai, certaines particularités de leur corps mou qui ont servi jusqu'ici à les distinguer de tous les autres Rhizopodes, à savoir la capsule centrale et les « cellules jaunes. » Ces dernières manquent, il est vrai, dans certains cas, et ont par suite moins d'importance que la capsule centrale, dont l'absence n'a été constatée, jusqu'ici, que par M. Stuart, chez la *Coscinosphæra ciliosa*. Les Clathrulinas ne renferment rien qu'on puisse comparer aux cellules jaunes. Une capsule centrale, à structure compliquée, leur fait également défaut. Mais il n'est pas impossible qu'on puisse paralléliser le noyau vésiculeux de notre animalcule, avec une partie tout au moins de la capsule centrale, comme, par exemple, avec la vésicule interne (*Binnenblase* Hæckel) ou avec le noyau de celle-ci.

Il est nécessaire ici de nous arrêter sur l'importance relative des différentes parties constitutives du corps chez les Rhizopodes que nous considérons. Dans son grand ouvrage sur les Radiolaires, M. Hæckel mentionne un arrangement radiaire des fins granules de la vésicule interne, et il ajoute que, dans divers cas, la membrane de cette vésicule lui a paru percée de pores tubulaires. Il a vu, en outre, la membrane de la capsule centrale, chez plusieurs Thalassicolles, traversée par des stries parallèles, qu'il tient pour l'expression de très-fins pores tubulaires. M. Schneider a fait récemment, sur la *Thalassicolla nucleata*, de très-intéressantes observations, desquelles il résulte que la capsule centrale, avec son contenu, est la partie la plus importante du corps des Radiolaires. Ce savant pense, contrairement à l'opinion généralement accréditée, que cette capsule a une importance physiologique supérieure à celle du sarcode extra-capsulaire, et même que ce dernier est sécrété par elle. Non-seulement il a vu ce sarcode extra-capsulaire se renouveler par une exsudation de la capsule centrale; mais il a constaté en outre, et cette observation a ici une grande importance, que les pseudopodes

Digitized by Google

sortent de la capsule par les pores tubulaires. Les pseudopodes, ou plutôt leurs filets axiaux, sont donc un produit du sarcode intra-capsulaire. Les pores de la vésicule interne et de la capsule centrale seraient donc des ouvertures destinées au passage des filets axiaux des pseudopodes.

Conservant présents à l'esprit ces faits constatés chez les Radiolaires marins, revenons aux organismes voisins, de nos eaux douces. Le premier, M. Max Schulze a reconnu que chez l'*Actinophrys Eichhornii*, comme chez les Radiolaires, les pseudopodes sont formés d'une substance corticale, plus molle et plus mobile, et d'un filament axial hyalin plus résistant. Toutefois, cet organisme s'éloigne des Radiolaires monozoïques, que nous avons pris pour point de comparaison, par l'existence d'un grand nombre de noyaux vésiculeux, au lieu d'une seule capsule centrale. Mais chez l'*Actinophrys Sol*, il n'existe qu'une seule vésicule centrale, et l'on peut poursuivre, selon MM. Kölliker et Grenacher, les filets axiaux des pseudopodes à travers le sarcode cortical, jusqu'à la surface de cette vésicule. S'il était démontré que cette vésicule centrale fût vraiment entourée d'une membrane, ne serait-il pas permis de se demander, avec M. Greeff, si cette membrane n'est pas percée de pores comme la capsule centrale des Radiolaires? L'*Actinophrys Sol* serait dans ce cas un Radiolaire monozoïque. Mais en est-il bien de même de l'*A. Eichhornii?* Si les nucléus découverts dans son intérieur par M. Kölliker, sont les homologues du nucléus unique de l'*A. Sol*, ce serait un être essentiellement polyzoaire, assimilable aux *Radiolaria polycyttaria* de M. Hæckel. M. Kölliker estimait le nombre de ces noyaux à dix ou douze pour chaque individu; M. Schultze, à 40 et au delà. Enfin, M. Grenacher le porte à 100, 150 et au delà. Mais il ne faut pas oublier que ces nucléus ne sont pourtant pas entièrement identifiables aux capsules centrales des Radiolaires pur sang, et nul n'a songé jusqu'ici, parmi les Rhizopodes monothalames, à considérer les Arcelles comme polyzoaires, à cause de la multiplicité de

Digitized by Google

leurs nucléus. M. Focke paraît cependant avoir découvert des Radiolaires d'eau douce dans l'intérieur desquels il existe des boules vertes, tout à fait comparables aux capsules centrales des Rhizopodes marins, et donnant issue aux pseudopodes.

D'autres formes de Rhizopodes d'eau douce, remarquables par leurs affinités avec les Radiolaires, sont les animaux classés aujourd'hui dans le genre *Acanthocystis* Carter. M. Greeff a décrit plusieurs espèces de ce genre, dont la validité spécifique est, il est vrai, contestée pour plusieurs, tout au moins par M. Archer. L'espèce type, *A. viridis*, était déjà connue de M. Ehrenberg, et a été revue par MM. Perty, Claparède et Lachmann. Tous ces auteurs la considéraient comme une véritable Actinophrys; cependant les deux derniers ont déjà distingué chez cet animalcule deux espèces de rayons : les uns plus courts et plus larges, les autres plus longs et plus fins. Vint alors M. Carter, qui fit la découverte importante que les rayons courts et rigides sont de véritables aiguilles, solides, bifurquées à l'extrémité, et que les rayons plus longs sont seuls formés du sarcode mobile. Cet animal a été observé depuis lors par M. Archer, qui en fait le genre Raphidiaphrys, par M. Grenacher et M. Greeff. Tous ont confirmé l'existence des aiguilles et reconnu qu'elles sont formées de silice. Mais il en existe en réalité de deux espèces, les unes fort longues, qui sont celles vues par M. Carter, et d'autres de moitié plus courtes, mais à fourches terminales bien plus grandes, et celles-là ont été découvertes par M. Grenacher. Toutes sont disposées dans une direction radiaire, et s'attachent à la surface du corps, comme les piquants d'un oursin, par une petite plaque circulaire. Entre elles surgissent les pseudopodes, fort délicats, composés d'un filet axial et d'une couche corticale, au mouvement de molécules accoutumé. M. Carter avait décrit le corps protoplasmatique de son Acanthocystis comme entouré d'une cuirasse flexible, que M. Gre-

Digitized by Google

nacher réduit à une simple couche corticale plus dense. M. Archer et M. Greeff nient aussi l'existence de toute membrane à la surface du corps. L'apparence qui a trompé M. Carter résulte uniquement de la juxtaposition des petites plaques basilaires des aiguilles.

La ressemblance des Acanthocystis avec les Acanthomètres, et par conséquent leurs affinités avec les Radiolaires, n'échapperont à personne. Ces êtres s'éloigneraient, en revanche, de ce groupe, selon MM. Carter et Archer, par la possession de vésicules contractiles dont l'existence est, il est vrai, niée par M. Greeff. Le protaplasma du corps contient de nombreuses vacuoles, et en outre des vésicules renfermant un noyau qui leur donne tout à fait l'apparence de cellules. Parmi ces dernières, M. Greeff a presque toujours pu distinguer une vésicule plus grande, à masse nucléaire solide et considérable, qui devient granuleuse sous l'influence de l'acide acétique. De ce corps central paraissent surgir des rayons très-fins dans toutes les directions. Ces rayons se dirigent vers la périphérie pour pénétrer jusque dans les pseudopodes, dont ils constituent l'axe. Le protoplasma des Acanthocystis renferme aussi des granules verts, dont le rôle est inconnu, et qu'on pourrait songer à paralléliser aux cellules jaunes des Radiolaires. Chez une forme que M. Greeff considère comme une espèce à part, ces granules sont d'un jaune intense, et ce savant a cru reconnaître qu'ils jouent le rôle de corps reproducteur. Mais ce fait ne paraît pas établi d'une manière suffisante.

Un troisième genre, fort remarquable par ses affinités avec les Radiolaires marins, a été décrit par M. Greeff sous le nom d'*Astrodisculus*, et compte déjà cinq espèces. Chez ces animalcules, le corps sarcodique est entouré d'une large zone claire. Cette zone est formée par une capsule siliceuse très-délicate, percée d'une multitude de petites ouvertures. A travers les pores de cette enveloppe sortent non-seulement les

Digitized by Google

pseudopodes, mais aussi des globules d'un volume relativement considérable, ce qui permet de supposer çà et là des ouvertures plus grandes, fermées seulement par une couche organique perméable.

Enfin, M. Greeff décrit sous le nom d'*Hyalolampe* un genre nouveau, très-remarquable par la délicatesse de son squelette siliceux. Au premier abord, ce savant crut avoir sous les yeux un réseau de sarcode alvéolaire, semblable à de l'écume. Mais l'emploi de réactifs ne tarda à lui faire reconnaître la nature siliceuse de ce réseau délicat.

Ce résumé montre d'une manière évidente qu'il n'est plus possible aujourd'hui de considérer les Radiolaires comme entièrement exclus des eaux douces. Quelques-unes des formes que nous venons de mentionner doivent être indubitablement classées dans ce groupe, et beaucoup d'autres Rhizopodes héliozoaires, soit Actinophryens, présentent des traits d'affinités avec eux qui ne doivent point être négligés. D'autres Rhizopodes intéressants ont été aussi découverts récemment par M. Archer dans les genres Pleurophrys, Diaphoropodon et Amphitrema (ces deux derniers sont nouveaux), mais ils n'offrent pas avec les Radiolaires d'affinités aussi positives que ceux considérés plus haut. E. C.

Maurice Girard. Études sur la chaleur libre, dégagée par les animaux invertébrés, et spécialement les insectes. (*Annales des Sciences naturelles*, XI, 1865, p. 134.)

Le travail de M. Girard débute par un historique fort intéressant des nombreux travaux faits jusqu'ici sur la chaleur animale des invertébrés et spécialement des insectes. Il s'étend surtout en détail, et avec beaucoup d'éloges sur les belles recherches de Newport, qui sont, en effet, ce que nous possédions jusqu'ici de plus remarquable sur ce sujet.

Digitized by Google

Il est en revanche sévère pour Dutrochet, auquel M. Gavaret accorde, selon lui, trop d'importance dans son ouvrage sur la chaleur produite sur les êtres vivants. Il remet aussi en lumière les recherches de Dubost (1800), qui ont passé inaperçues malgré la précision scientifique avec laquelle elles avaient été conduites. Les recherches propres de M. Girard ont été faites à l'aide de procédés très-divers. Il s'est servi du thermomètre à mercure, dont il réussit à introduire la petite boule dans le rectum des chenilles et d'autres insectes, sans lésion de l'animal. Il s'est servi aussi du thermomètre différentiel de Leslie, dans lequel il a introduit une modification nécessaire pour ses expériences. L'une des boules offre une profonde cavité intérieure, de sorte que le volume de l'air compris dans la zone concentrique, est sensiblement égal à celui du volume de l'air de l'autre boule. L'orifice rétréci est fermé par un bouchon muni d'un tube, par où l'air entre et sort librement. L'insecte à expérimenter est introduit dans cette cavité avec les précautions nécessaires. pour ne pas fausser le résultat. M. Girard s'est servi aussi des aiguilles thermo-électriques à deux soudures, formées de fer et de cuivre, ou mieux de fer et de platine, aiguilles qui ont déjà rendu, entre les mains de M. Becquerel, de grands services pour l'étude de la chaleur animale. Enfin, M. Girard s'est servi des piles thermo-électriques de bismuth et d'antimoine, qui, depuis leur invention par Melloni et Nobili, l'emportent sans contestation sur tous les autres moyens calorimétriques, par leur sensibilité exquise.

Il ne nous est pas possible d'entrer dans le détail des nombreuses expériences de M. Girard, ni dans l'examen des précautions minutieuses qu'il a dû prendre pour en assurer les résultats. Nous nous contenterons de relever quelques-uns des points les plus nouveaux de ses conclusions.

Jamais les insectes adultes, même dans les états de sommeil ou d'affaiblissement, ne présentent d'abaissement au-

Digitized by Google

dessous de la température ambiante pour la surface de leur corps. Les larves et les nymphes des insectes à métamorphoses incomplètes, se comportent, à ce point de vue, comme les adultes. Elles présentent toujours comme eux une élévation de température au-dessus de l'air ambiant, ou, au moins, une température égale à celle de celui-ci. Il n'en est pas toujours de même chez les insectes à métamorphose complète. L'auteur a souvent constaté, sur des chenilles à corps lisse, que la surface du corps s'abaisse au-dessous de la température de l'air ambiant, ce qui montre que le dégagement de chaleur, par la combustion respiratoire, peut être insuffisant pour compenser la perte due à l'évaporation superficielle ou transpiration cutanée. Le même fait se présente pour les chrysalides. Le cocon dont un grand nombre de chrysalides de Lépidoptères ou d'Hyménoptères s'enveloppent, sert à empêcher une dessication trop rapide de l'animal, qui entraînerait un refroidissement superficiel funeste. En effet, les chrysalides présentent une notable élevation de température, au moment où on les sort du cocon, puis à l'air, elles perdent de leur poids par évaporation, et descendent souvent, pour la surface de leur corps, au-dessous de la température ambiante. En hiver, les chenilles rases engourdies, et les chrysalides reviennent à la température ambiante, ou à de très-faibles excès au-dessus. Les refroidissements superficiels, dus à l'évaporation, ne se produisent plus dès que la température devient très-voisine de 0°, résultat tout à fait conforme aux expériences de la physique.

Le sexe présente une influence marquée sur le dégagement de la chaleur superficielle dans certains groupes d'insectes. C'est ainsi que chez les Bombycides, les mâles sont plus chauds que les femelles. Quelque chose d'analogue paraît exister chez les Phryganes et les Piérides. Mais il faudrait bien se garder de généraliser ces résultats.

Digitized by Google

Les expériences de M. Girard, sur les différences de température, selon les régions du corps, sont, sans contredit, parmi les plus curieuses. Dans les chenilles, la chaleur n'est pas localisée dans quelques anneaux, mais appartient à tout ce qui concorde bien avec la dissémination analogue des centres nerveux. Il en est tout autrement chez les insectes à locomotion aérienne puissante. La variation de température, qu'ils offrent entre le thorax et l'abdomen, peut atteindre des valeurs considérables. Chez les Bourdons, et surtout chez les Sphingides, Lépidoptères à vol si puissant, ces excès de la température thoracique, sur la température abdominale, s'élèvent habituellement à 4 ou 6 degrés, ou même parfois à 8 ou 10. On peut dire que chez les insectes doués de locomotion aérienne, la chaleur se concentre dans le thorax en un foyer d'intensité proportionnel à la puissance effective du vol. Ces résultats sont conformes aux données anatomiques. Dans le thorax se trouvent à la fois les forts muscles des pattes et des ailes. Ces derniers, en contraction énergique lors du vol, sont le siége d'une active combustion ; au contraire, les muscles de l'abdomen sont alors inertes. Il n'y a pas lieu de s'étonner que l'égalisation de la température ne s'opère pas aussi rapidement que chez les vertébrés. Que l'on songe seulement à une Guêpe, une Poliste, un Sphex, dont le thorax est uni à l'abdomen par un si mince pédicule. Avec quelle lenteur les courants sanguins ne doivent-ils pas se transmettre, entre les deux régions, par ce détroit si resserré ? Comme on comprend que la chaleur développée dans le thorax, lors du mouvement du vol, doit passer avec difficulté jusqu'à l'abdomen, si même elle y arrive. Un autre fait, intimement lié à celui que nous venons de rapporter, est le suivant : M. Girard a reconnu, sur les bourdons et les Xylocopes, que le dégagement externe de leur chaleur propre est en rapport avec la production du bourdonnement. La température s'abaisse dès que l'insecte

Digitized by Google

cesse de bourdonner, mais elle se relève aussitôt que reprend le bourdonnement, et cela un grand nombre de fois consécutives. Le fait a été constaté, soit à l'aide de la pile thermo-électrique, soit à l'aide du thermomètre différentiel.

E. C.

E. Mecznikow. Embryonalentwicklung, etc. Développement embryonnaire du Bothriocephalus proboscideus. (*Mélanges biologiques tirés du Bulletin de l'Acad. imp. des Sciences de Saint-Pétersbourg*, tome VI, p. 717.)

M. Kölliker a déjà remarqué que chez le *Bothriocephalus proboscideus*, une partie seulement du contenu de l'œuf est employé à la formation de l'embryon, et que le reste forme une couche de cellules périphériques dont le sort est resté inconnu à ce savant. Récemment, M. Knoch a contesté l'exactitude de cette observation, mais bien à tort, paraît-il. M. Mecznikow décrit les œufs de ce ver cestoïde comme remplis par une cellule ovarique, entourée d'une masse de vitellus granuleux. La cellule subit une segmentation totale, tandis que la masse vitelline ne prend aucune part à la formation de l'embryon. De l'amas cellulaire résultant de la segmentation, on voit se séparer bientôt deux cellules, munies de nucléus plus gros que les autres : elles se fixent aux deux pôles de l'œuf pour ne disparaître qu'à la fin de la vie embryonnaire. M. Mecznikow a vu une disposition toute semblable dans les œufs du Tænia cucumerina.

Après la segmentation, la masse des cellules embryonnaires prend une forme arrondie, et l'embryon se divise en un noyau central et une couche périphérique formée de cellules très-évidentes. Tandis que le noyau forme la larve de cestode proprement dite, avec ses crochets, la couche de cellules périphériques se métamorphose en une mince mem-

Digitized by Google

brane, qui finit par perdre sa structure cellulaire et par prendre l'apparence d'une enveloppe cuticulaire homogène.

Bien que cette enveloppe de l'embryon ne se couvre jamais de cils vibratiles, M. Mecznikow n'hésite pas à la comparer à l'enveloppe ciliée de la larve du *Bothriocephalus latus*. Cette comparaison est intéressante. En effet le développement du *Bothriocephalus proboscideus* montre que l'enveloppe embryonnaire est l'homologue de l'amnios des embryons d'insectes et d'autres Arthropodes. Dans ce cas, l'enveloppe ciliée de la larve du *Bothriocephalus latus* serait une sorte d'amnios persistant longtemps après l'éclosion. Mais alors il faut étendre cette homologie à l'enveloppe ciliée des embryons des Monostomes et du Némertien de M. Desor. Il faut même, pour être conséquent, considérer le Pilidium comme une sorte d'enveloppe provisoire de son Némerte, comme un amnios qui a atteint un degré d'indépendance remarquable. E. C.

Digitized by Google

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE DÉCEMBRE 1869.

Le 1. la bise commence à souffler avec force dans la soirée, et elle dure toute la journée du lendemain.

4. neige, hauteur 9mm.

6 et le 7, brouillard tout le jour, et le 8, jusqu'à midi, commencement de la pluie.

9, brouillard depuis midi.

10, 11, 12, 13, brouillard épais tout le jour.

14, brouillard le matin ; depuis midi pluie.

15, halo solaire le matin de 9 h. à 10 1/2 h.

16, halo solaire de midi à midi et demi.

17, le matin, pluie avec fort vent de SSO : dans la soirée couronne lunaire et beau halo lunaire.

26, neige, hauteur 4cm.

28, de midi à 3 1/4 h. on voit l'arc supérieur tangent au halo ordinaire : couronne solaire dans l'après-midi.

31, faible halo solaire de 11 1/2 h. à 1 1/2 h.

Digitized by Google

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

		mm
Le 1 à 10 h. matin		722,29
6 à 10 h. matin		737,09
10 à 10 h. matin		729,40
16 à 10 h. matin		732,47
17 à 10 h. soir		730,85
24 à 10 h. matin		718,30
30 à 8 h. matin		737,98

MINIMUM.

		mm
Le 2 à 4 h. après-midi		716,88
9 à 6 h. matin		726,98
12 à 6 h. matin		721,68
17 à 6 h. matin		721,46
22 à midi		710,28
26 à 6 h. soir		712,01

Digitized by Google

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°		cm.
1	721,26	— 5,85	+ 1,26	—1,06	+ 0,2	+ 6,4	3,75	—0,83	765	— 89	650	890	0,3	1	NNE. 2	0,88	7,7	— 0,5	93
2	717,32	— 9,83	+ 0,40	—1,79	— 0,4	+ 2,0	3,63	—0,92	780	— 74	670	840	...	...	NNE. 3	0,83	6,0	— 2,1	97
3	719,39	— 7,79	— 2,26	—4,32	— 3,3	0,0	3,26	—1,26	856	+ 1	690	930	0,3	1	variable	0,90	5,8	— 2,2	100
4	724,91	— 2,31	— 2,10	—4,04	— 4,5	— 1,0	3,32	—1,17	844	— 11	730	950	0,4	2	NE. 1	1,00	6,7	— 1,2	103
5	733,03	+ 5,78	— 1,50	— 3,32	— 3,5	+ 0,7	3,59	—0,87	879	+ 24	770	940	...	...	variable	0,91	—	—	103
6	736,29	+ 9,00	— 1,77	—3,47	— 5,5	+ 1,4	3,87	—0,56	941	+ 85	840	990	...	...	S. 1	0,97	6,6	— 1,0	103
7	732,89	+ 5,56	— 0,61	—2,19	— 2,4	+ 0,4	4,31	—0,09	976	+120	940	1000	...	...	variable	1,00	6,8	— 0,7	103
8	728,29	+ 0,93	+ 0,57	—0,89	— 0,8	+ 1,3	4,59	+0,22	963	+106	880	1000	17,6	9	SSO. 1	1,00	6,7	— 0,7	104
9	727,41	+ 0,01	+ 2,78	+1,43	+ 0,4	+ 4,9	5,62	+1,28	995	+138	970	1000	7,8	6	variable	0,90	6,8	— 0,5	105
10	728,37	+ 0,94	+ 1,21	—0,02	+ 0,4	+ 2,6	5,00	+0,69	999	+141	980	1000	...	...	variable	1,00	6,8	— 0,4	106
11	724,07	— 3,40	— 0,17	—1,30	— 1,0	+ 0,6	4,49	+0,21	994	+136	930	1000	...	...	variable	1,00	6,8	— 0,3	107
12	722,38	— 5,13	+ 0,09	—0,93	— 1,2	+ 1,2	4,59	+0,35	995	+136	930	1000	0,5	...	variable	1,00	—	—	107
13	724,86	— 2,68	+ 2,98	+2,06	+ 0,7	+ 5,1	5,34	+1,13	942	+ 82	870	1000	...	...	SO. 1	1,00	6,9	0,0	107
14	725,32	— 2,26	+ 4,36	+3,53	+ 0,4	+ 8,2	5,27	+1,09	838	— 23	650	990	2,0	3	SO. 1	0,92	6,9	0,0	107
15	729,63	+ 2,01	+ 6,91	+6,17	+ 3,4	+ 9,5	4,89	+0,74	660	—202	470	870	3,9	4	SSO. 2	0,74	6,9	+ 0,1	107
16	731,20	+ 3,56	+ 7,07	+6,42	+ 4,4	+10,6	4,59	+0,46	616	—246	440	840	...	...	SSO. 1	0,53	6,8	+ 0,1	107
17	725,39	— 2,27	+ 8,60	+8,04	+ 6,4	+12,2	5,61	+1,50	672	—191	500	880	6,8	8	SSO. 2	0,76	6,8	+ 0,2	106
18	729,39	+ 1,71	+ 4,42	+3,95	+ 1,8	+ 7,0	5,34	+1,25	850	— 14	780	890	2,1	4	variable	0,86	6,8	+ 0,3	107
19	724,85	— 2,85	+ 9,12	+8,73	+ 5,4	+13,0	6,93	+2,85	795	— 69	560	890	4,6	7	variable	0,89	--	—	107
20	724,43	— 3,28	+ 7,28	+6,97	+ 4,6	+11,2	5,02	+0,95	673	—192	550	850	...	...	S. 2	0,62	6,9	+ 0,6	108
21	717,67	—10,05	+ 2,22	+1,98	— 0,5	+ 5,1	5,01	+0,95	924	+ 59	850	970	3,3	5	variable	0,97	6,8	+ 0,5	108
22	710,99	—16,74	+ 3,19	+3,03	+ 1,2	+ 6,5	5,09	+1,03	883	+ 17	750	960	0,3	1	SSO. 1	0,93	6,8	+ 0,6	109
23	716,74	—11,00	+ 2,20	+2,11	+ 0,7	+ 4,1	4,40	+0,35	820	— 46	680	940	2,2	6	S. 1	1,00	6,8	+ 0,7	108
24	717,98	— 9,78	+ 1,89	+1,86	+ 0,7	+ 3,9	4,26	+0,21	817	— 50	710	870	...	...	SO. 1	0,86	6,7	+ 0,6	107
25	714,82	—12,95	+ 0,81	+0,83	— 0,4	+ 4,5	3,95	—0,10	813	— 54	580	920	...	...	SSO. 1	0,86	—	—	107
26	712,18	—15,61	— 4,80	—4,72	— 7,3	— 0,4	2,84	—1,20	906	+ 38	820	960	2,3	4	SSO. 1	0,77	6,1	+ 0,2	106
27	713,97	—13,83	— 7,92	—7,79	—12,8	— 1,9	2,21	—1,83	880	+ 12	720	980	...	...	S. 1	0,21	6,0	+ 0,2	104
28	721,34	— 6,48	— 6,71	—6,52	—13,0	— 1,9	2,52	—1,52	899	+ 30	800	970	...	...	SSE. 1	0,98	4,9	— 0,9	103
29	733,59	+ 5,76	— 6,56	—6,32	—10,0	+ 0,3	2,50	—1,54	900	+ 30	730	1000	...	...	S. 1	0,28	5 6	— 0,1	102
30	736,57	+ 8,72	— 9,01	—8,73	—13,8	— 0,8	2,12	—1,91	912	+ 42	710	1000	...	...	S. 1	0,50	5,4	— 0,2	101
31	727,07	— 0,80	— 7,52	—7,20	—11,2	— 2,9	2,45	—1,58	935	+ 65	850	1000	...	...	S. 1	0,89	5,3	— 0,3	100

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1869.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	Baromètre.								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	726,48	726,90	727,44	726,98	726,72	726 76	726,94	727,17	727.26
2e «	725,97	726,24	726,66	726,13	725,82	726,00	726.04	726,18	726,21
3e «	720,01	720,35	720,67	720,22	720,00	720,07	720,35	720,60	720,75
Mois	724,02	724,36	724,80	724,31	724,04	724,14	724,31	724,52	724,62
	Température.								
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	— 0,92	— 0,75	+ 0,24	+ 0,62	+ 0,73	+ 0,43	— 0,10	— 0,20	— 0,25
2e «	+ 3,77	+ 3.51	+ 5,03	+ 6,32	+ 6,67	+ 5,85	+ 5,90	+ 5,57	+ 5,39
3e «	— 4,35	— 4,16	— 2,92	— 0,68	0,00	— 1,53	— 2,88	— 3,63	— 3.70
Mois	— 0,63	— 0,58	+ 0,66	+ 2,00	+ 2,39	+ 1,48	+ 0,85	+ 0,44	+ 0,34
	Tension de la vapeur.								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1er décade	3,77	3,86	4,17	4,09	4,25	4,30	4,35	4,22	4,16
2e «	5,20	5,23	5,34	5,17	5,15	5,21	5,11	5,29	5.42
3e «	3,14	3,35	3,54	3,72	3,65	3.48	3,28	3,18	3,29
Mois	4,07	4,12	4,31	4,31	4,33	4,30	4,22	4,20	4.26
	Fraction de saturation en millièmes.								
1re décade	872	882	875	840	869	895	947	926	915
2e «	872	885	821	738	722	759	752	789	816
3e «	946	944	916	828	784	816	854	858	904
Mois	898	905	872	803	791	823	851	858	879

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	cm
1re décade	— 1,94	+ 1,87	0,94	6,68	26,4	101,7
2e «	+ 2,49	+ 6,86	0,83	6,85	19,9	107,0
3e «	— 6,04	+ 1,50	0,75	6,04	8,1	105,0
Mois	— 1,96	+ 3,35	0,84	6,49	54,4	104,6

Dans ce mois, l'air a été calme 0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,47 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 1°,9 O., et son intensité est égale à 39,9 sur 100.

Digitized by Google

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE DÉCEMBRE 1869.

Le 1, brouillard la plus grande partie de la journée.
2,3,4,5, id. tout le jour. Une partie de la neige tombée dans la nuit du 2 au 3 et du 3 au 4, ainsi que toute la neige tombée dans la journée du 4 a été emportée par le vent.
6, id. jusqu'à 6 h. du soir.
8, id. toute la journée.
9,10, id. presque tout le jour.
11,12, id. tout le jour.
14, id. depuis 2 h. de l'après-midi.
16, id. jusqu'à 8 h. du matin.
17, id. toute la journée.
18, id. la plus grande partie de la journée.
19, id. le matin et le soir.
20, id. à 6 h. du matin.
21, Une partie de la neige tombée a été emportée par le vent.
22,23,24, id. tout le jour.
25, id. depuis midi.
26, id. toute la journée.
27, id. à 6 h. du matin.
28, id. tout le jour.
29, id. à 6 h. du matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1 à 10 h. matin	552,75	Le 3 à 6 h. matin	547,92
6 à 10 h. matin	572,41	12 à 6 h. matin	558,37
15 à midi	565,53	17 à 2 h. après-midi	559,14
18 à 10 h. matin	565,11	22 à 2 h. après-midi	548,51
24 à 10 h. matin	552,62	26 à 10 h. soir	543,55
30 à 10 h. matin	564,65		

Digitized by Google

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.		
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	551,94	—10,01	551,28	552,75	—15,04	— 8,32	—16,9	—12,8	.....	.....	....	NE. 2	0,88
2	548,54	—13,39	548,07	549,04	—16,19	— 9,39	—16,7	—15,3	.....	.....	....	NE. 3	0,97
3	550,23	—11,68	547,92	552,32	—15,00	— 8,12	—17,8	—12,0	30	6,2	6	NE. 1	0,93
4	557.22	— 4,67	554,11	560,18	—10,91	— 3.95	—11,8	—10,1	6	1,3	7	NE. 2	1,00
5	567,30	+ 5,43	563,66	570,12	— 6,44	+ 0,60	— 9,0	— 4,2	.....	.....	....	NE. 2	1,00
6	571,89	+10,04	571.03	572,41	— 5,06	+ 2,06	— 6,0	— 3,9	.....	.....	....	SO. 1	0,78
7	569,19	+ 7,37	567,75	570,65	— 3,72	+ 3,49	— 5,2	— 1,4	.....	.....	....	SO. 1	0,30
8	565,12	+ 3,32	564,32	565,97	— 6,54	+ 0,75	— 8,0	— 4,2	.....	...	....	SO. 1	1,00
9	564,42	+ 2,64	564,13	564,93	— 6,81	+ 0,56	— 8,0	— 6,0	70	14,9	6	SO. 1	0,86
10	563,96	+ 2,20	563,50	564,73	— 5,23	+ 2,21	— 5,8	— 4,8	.....	.....	....	SO. 1	0,79
11	560,46	— 1,28	559,36	561,75	— 6,55	+ 0,96	— 7,8	— 5,7	.....	.....	....	SO. 2	1,00
12	558,96	— 2,76	558,37	559,57	— 7,25	+ 0,33	— 7,8	— 6,5	.....	.....	....	SO. 1	1,00
13	559,56	— 2,14	559,31	560,24	— 7,09	+ 0,56	— 8,6	— 5,6	.....	.....	....	variable	0,13
14	561,03	— 0,65	559,47	562,96	— 6,14	+ 1,58	—10,2	— 3,5	.....	.....	....	NE. 1	0,69
15	564,61	+ 2,95	564.15	565,53	— 7,96	— 0,18	—10.8	— 4,4	100	10,0	6	SO. 1	0,43
16	564,65	+ 3,01	564,16	565,14	— 5,81	+ 2,03	— 8,9	— 3,4	50	3,5	3	NE. 1	0,88
17	560.06	— 1,57	559,14	561,42	— 6,95	+ 0,95	—10,4	— 3,4	85	7,8	8	NE. 3	1,00
18	564,48	+ 2,87	564,11	565,11	— 2,44	+ 5,52	— 8,4	— 0,5	.....	....	....	NE. 1	0,94
19	563,15	+ 1,36	562,20	564,12	+ 1,05	+ 9,07	— 1,9	+ 4,5	35	3,8	4	NE. 1	0,84
20	559,52	— 2,05	558,22	560,99	— 5,91	+ 2,17	—10,3	— 2,5	.....	.....	....	variable	0,39
21	554.53	— 7,03	552,26	556,43	— 8,97	— 0,84	—10,1	— 8,3	7	1,7	5	SO. 1	0,65
22	548,95	—12,60	548,51	549,76	— 7,33	+ 0,85	— 8,0	— 6,0	59	6,1	8	SO. 1	0,98
23	551,25	—10,28	550,16	551,66	— 9,51	— 1,28	—10,0	— 8,2	3	1,1	3	SO. 1	1,00
24	552,10	— 9,41	551,64	552,62	—10,25	— 1,97	—12,8	— 8,9	....	.....	....	SO. 1	0,98
25	548.10	—13,39	546,57	549,91	—14,64	— 6,31	—16,4	—12,8	.....	.....	....	SO. 1	0,63
26	543,84	—17,63	543,55	544,27	—17,11	— 8,74	—19,4	—13,7	...	.....	....	NE. 1	0,98
27	545,63	—15,83	543,85	546,42	—18,71	—10,30	—19,5	—17,1	100	10,0	10	variable	0,56
28	550,18	—11,26	546,33	555,42	—20,90	—12,45	—21,7	—20,2	....	.....	....	NE. 2	0,96
29	560,79	— 0,63	557,72	564,03	—20,43	—11,94	—21,8	—18,2	.....	.....	....	NE. 1	0,12
30	565,40	+ 4,00	564,65	566,45	—12,80	— 4,27	—16,3	— 7,5	.....	.....	....	SO. 1	0,00
31	560,25	— 1,13	559,26	561,54	—11,88	— 3,31	—15,2	— 5,4	.....	....	....	SO. 1	0,12

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6heures du matin à 10 heures du soir, le thermomé-trographe étant hors de service.

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1869.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	Baromètre.								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	560,21	560,68	561,24	561,28	561,08	561,17	561,08	561,33	561,44
2e »	561,76	561,97	562,29	561,96	561,53	561,46	561,44	561,51	561,59
3e »	552,35	552,77	553,04	552,96	552,84	552,84	552,94	553,08	553,25
Mois	557,92	558,29	558,67	558,55	558,30	558,31	558,31	558,46	558 59
	Température.								
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	— 9,36	— 9,39	— 8,61	— 8,55	— 8,54	— 8,92	— 9,18	— 9,18	— 9,14
2e »	— 6,95	— 6,12	— 4,83	— 4,10	— 3,69	— 4,73	— 5,67	— 6,28	— 6,20
3e »	—14,44	—14,69	—14,22	—13,13	—13,24	—13,67	—14,01	—13,19	—13,23
Mois	—10,38	—10,22	— 9,38	— 8,74	— 8,64	— 9,26	— 9,76	— 9,67	— 9,64

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade	—10,52	— 7,47	0,85	22,4	106
2e »	— 8,51	— 3,10	0,73	25,1	270
3e »	—15,56	—11,50	0,63	18,9	169
Mois	—11,66	— 7,49	0,74	66,4	545

Dans ce mois, l'air a été calme 14 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,27 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 13,3 sur 100.

* Voir la note du tableau.

Digitized by Google

Digitized by Google

DE

L'EXISTENCE DE L'HOMME

A L'ÉPOQUE TERTIAIRE

Depuis quelques années les découvertes des traces laissées par l'homme sur la terre à l'âge préhistorique se multiplient avec une rapidité qui ne peut s'expliquer que par l'abondance de la population habitant certaine région du globe à cette époque et par l'activité qu'un grand nombre d'observateurs met à ce genre de recherches. Les preuves les plus anciennes de l'existence de l'homme sont des pierres taillées et non polies (en général des silex), et l'on a désigné l'époque où ces instruments étaient employés sous le nom d'âge de la pierre taillée. Mais, se demande-t-on, quelle est la liaison de cet âge avec la chronologie géologique ? On n'est pas d'accord sur la réponse à faire à cette question, et si personne ne conteste la contemporanéité d'une partie de l'âge de la pierre taillée et d'une partie de l'époque quaternaire, on discute pour savoir si cet âge de pierre ne remonte pas jusqu'à la période tertiaire.

C'est de ce dernier point dont nous allons nous occuper. Il nous a paru qu'il pourrait y avoir de l'intérêt à résumer les diverses observations qui servent de base à l'idée que l'homme habitait la terre à une époque antérieure à la grande extension des glaciers[1] et pendant

[1] M. E. Collomb a déjà traité ce sujet. (*Archives*, 1860, tome VIII, p. 200.)

Digitized by Google

l'époque tertiaire. Nous ne rappellerons aucun des faits, si nombreux, au moyen desquels on a reconnu la présence de l'homme sur la terre pendant la partie de la période quaternaire qui a suivi l'envahissement des régions montagneuses du globe et d'une partie des plaines par les glaciers.

« En reportant son apparition sur la terre, dit M. d'Archiac en parlant de l'homme, à une époque beaucoup « plus ancienne qu'on ne le pensait, on la fait rentrer « dans la loi générale de la succession des êtres dans le « temps, puisqu'elle n'est plus isolée, et devient contem- « poraine de l'apparition de nombreuses générations, « dont les descendants vivent encore sous nos yeux [1]. »

Jusqu'à présent les observations faites dans les localités où des instruments taillés de mains d'hommes ont été trouvés en relation immédiate avec de vrais terrains glaciaires (Hoxne en Angleterre, Schussenried en Wurtemberg et Veirier près de Genève), ont montré que ces instruments avaient été utilisés après la retraite des glaciers. Peut-être ces derniers étaient-ils encore fort grands à l'époque où ces espèces d'outils étaient en usage; mais le fait est que les glaciers étaient retirés des localités que nous venons de citer lorsqu'elles ont été habitées et que depuis lors ils n'y sont point revenus.

En raisonnant *à priori* on ne saurait voir aucune difficulté, aucune objection positive à l'idée de l'existence de l'homme à l'époque tertiaire. La zone tempérée du globe avait alors une température un peu plus élevée que maintenant; le climat devait y être sain et très-favorable au développement des mammifères terrestres; la température moyenne du Groënland et du Spitzberg était

[1] *Paléontologie de la France*, 1868, p. 462.

Digitized by Google

telle que ces contrées pouvaient être agréables à habiter. Par conséquent aucune des conditions climatologiques ou terrestres, à nous connues, de l'époque tertiaire ne nous fait croire à l'impossibilité de l'existence de l'homme durant ce temps. Mais il est difficile de se représenter la longueur de la période qui s'est écoulée entre la fin des dépôts tertiaires et celle de l'époque glaciaire ; elle a dû être très-considérable et le monde d'alors différait sous plus d'un rapport du monde actuel, comme nous allons le dire.

La partie de la période quaternaire caractérisée par l'énorme extension des glaciers a été fort longue. Les études sur ce sujet qui se font maintenant, particulièrement en Suisse, indiquent tous les jours mieux qu'il s'est écoulé bien des siècles avant que les glaciers des Alpes aient été assez grands pour porter des blocs erratiques jusqu'à 1352 mètres d'élévation sur le Jura, aux environs de Soleure [1], d'après M. Lang, et que le glacier du Rhône ait atteint le voisinage du Rhin, ou peut-être le Rhin lui-même en passant au travers des cantons du Valais, de Vaud, de Fribourg, de Berne, de Soleure et d'Argovie. La longueur de cette période est bien plus grande encore aux yeux des naturalistes qui admettent deux époques glaciaires au lieu d'une. Si l'homme a déjà vécu au temps des dépôts du terrain tertiaire supérieur, il aura vu une autre distribution des terres et des mers que celle que nous connaissons; cette distribution différait plus encore à l'époque de la formation du terrain tertiaire moyen, et si l'homme était sur la terre à ce mo-

[1] La ville de Soleure, située à la base du Jura, est à 430 mètres au-dessus du niveau de la mer ; le glacier avait là plus de 900 mètres d'épaisseur.

Digitized by Google

ment, il aura assisté au soulèvement des Alpes ! A l'époque quaternaire il a coexisté avec les animaux et les plantes qui vivent encore et avec quelques espèces éteintes dont il a été probablement le destructeur ; mais s'il a vécu à l'époque tertiaire, il aura été associé à une faune et à une flore très-différentes de celles de nos jours, et il devrait alors être rangé au nombre des êtres qui ont persisté pendant deux périodes géologiques successives. Par conséquent, si l'existence de l'homme a l'époque tertiaire venait à être démontrée, ce serait un fait bien plus extraordinaire que sa présence pendant les dépôts d'alluvions dans lesquels on a retrouvé ses traces.

Il ne faut donc pas s'étonner de la prudence avec laquelle la majorité des savants examine des vues aussi nouvelles, la science leur impose ce devoir, et si les promoteurs de ces idées regrettent chez leurs collègues trop de lenteur, on peut leur faire remarquer que cette manière de procéder rend la science plus positive, et que s'ils arrivent à prouver la justesse de leurs opinions, la résistance qu'ils auront eu à vaincre tournera à leur gloire, comme on l'a vu pour M. Boucher de Perthes.

Passons maintenant aux faits. En 1863, M. Desnoyers, bibliothécaire au Muséum de Paris, a communiqué à l'Académie des Sciences (8 juin) des observations faites à Saint-Prest près Chartres. Il avait trouvé des ossements très-nombreux dans des sables stratifiés, d'un aspect fluviatile, diversement colorés, mêlés à des graviers de silex de la craie. Ce gisement avait déjà été signalé en 1848 par M. de Boisvillette et décrit par MM. Laugel et Lartet[1]. Les principales espèces auxquelles ces os se rapportent

[1] *Bulletin de la Société géol. de France*, 1860, XVII, p. 331 ; 1862, XIX, p. 709.

Digitized by Google

sont les suivantes d'après M. Lartet [1] : *Elephas meridionalis, Rhinoceros etruscus* (d'après Falconer), *Hippopotamus major? Equus Arnensis* (le même que dans le val d'Arno), *Cervus Carnutorum,* Laugel (élan d'espèce peu différente de l'élan actuel), deux autres espèces de *Cervus, Bos,* espèce à formes élancées, *Trogontherium Cuvieri* (espèce de grand castor) ou *Conodontes* de Laugel. Ces fossiles et les sables qui les renferment ont été classés dans le terrain tertiaire supérieur ou terrain pliocène. M. Desnoyers observa à la surface de ces ossements, sur place et dans divers musées, des stries variant de forme, de profondeur et de longueur, qui, selon lui, ne peuvent être le résultat de cassures ou de frottements accidentels; elles coupent l'os dans sa largeur et passent même par-dessus ses arêtes, quelques-unes sont très-fines, d'autres très-obtuses, comme si elles avaient été produites par des lames tranchantes ou dentelées de silex [2]; en un mot ces stries sont d'une nature telle que M. Desnoyers n'a pas hésité, après un minutieux examen, à admettre qu'elles avaient été faites par la main de l'homme.

« De ces faits, dit M. Desnoyers, il me semble possible « de conclure, avec une très-grande apparence de proba- « bilité, que l'homme a vécu sur le sol de la France avant « la grande et première période glaciaire en même temps « que l'*Elephas meridionalis* et les autres espèces *plio- « cènes.* »

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1867, tome LXIV, p. 48.

[2] Quelques-unes de ces stries sont analogues, d'après M. Desnoyers, à celles que les anciens glaciers ont laissées sur les roches et sur les cailloux; mais nous écartons complétement ce rapprochement, parce qu'il est plus que probable que ces ossements n'ont jamais été en relation avec aucun glacier.

Digitized by Google

L'âge des sables de Saint-Prest ne peut guère être contesté, parce que l'*Elephas meridionalis*, le *Rhinoceros etruscus* et l'*Hippopotamus major* se trouvent dans le terrain pliocène du Val d'Arno, et parce que l'on connaît ces mêmes espèces, ainsi que le *Trogontherium Cuvieri* dans le *Forest bed* de la côte de Norfolk qui passe pour pliocène et qui est situé au-dessous du terrain glaciaire avec blocs erratiques. Mais on peut contester l'origine des entailles et des stries qui se voient sur les ossements : c'est ce qu'a fait sir Charles Lyell après avoir donné des os à ronger à des porcs-épics ; les entailles produites par les dents de ces animaux étaient semblables à celles des os du dépôt pliocène, et le savant anglais en a conclu que ces dernières pourraient bien avoir été faites par le *Trogontherium* ou par quelque autre animal [1].

Sir Charles Lyell pensa avec raison qu'il fallait, pour établir le grand fait de la coexistence de l'homme et de l'*Elephas meridionalis*, des preuves d'un ordre plus élevé ; il aurait voulu qu'on eût trouvé des instruments de pierre dans les dépôts pliocènes.

Cette découverte ne se fit pas attendre longtemps ; en effet, en 1867, M. l'abbé Bourgeois annonça à l'Académie [2] qu'il avait trouvé, dans les sablières de Saint-Prest, des silex taillés, tels que têtes de lance ou de flèche, poinçons, grattoirs, etc. Ces silex, d'après lui, sont très-grossièrement taillés et différents de ceux d'Amiens et d'Abbeville : l'un d'entre eux paraît avoir subi l'action du feu. Ces faits singuliers excitèrent vivement l'attention des savants. Le silex qui paraît avoir été chauffé, ainsi

[1] Antiquité de l'homme ; Appendice, pages 1 à 13 ; *Matériaux pour l'histoire positive et philosophique de l'homme*, septembre 1865, p. 13.

[2] *Comptes rendus*, tome LXIV, p. 47.

Digitized by Google

que ceux qui semblent avoir supporté cette même action, et qui ont été trouvés plus tard à Thenay, ne fournissent en réalité aucune preuve en faveur de la présence de l'homme, parce que de tout temps il y a pu y avoir des prairies où des bois brûlés par suite de l'action de la foudre. Reste les silex taillés, qui sont les pièces importantes de la discussion. M. d'Archiac, en essayant de rajeunir les sables de Saint-Prest, les rangeait dans le terrain quaternaire ancien, surtout parce qu'on y avait découvert de ces produits de l'industrie humaine ; mais cette manière de raisonner n'a de valeur ni pour les naturalistes qui cherchent à démontrer que les silex taillés sont tertiaires, ni pour ceux qui doutent encore que ces silex aient été travaillés par l'homme. Nous allons voir que M. Bourgeois pense avoir trouvé des silex, également taillés, plus anciens encore que ceux de Saint-Prest.

Peu après les observations de M. l'abbé Bourgeois, M. l'abbé Delaunay découvrit sur un os d'*Halitherium*, des faluns (sables coquilliers) de Pouancé (Maine-et-Loire), des entailles que M. Bourgeois et lui attribuent à une action intentionnelle, et qui semblent donner une nouvelle importance à ce singulier signe de la présence de l'homme [1]. Or ces faluns sont plus anciens que les sables de Saint-Prest ; ils appartiennent au terrain miocène et renferment des ossements de *Dinotherium*.

A la même époque, M. Bourgeois annonça la présence de silex taillés, selon lui, non-seulement dans les faluns miocènes, mais encore au-dessous du calcaire de Beauce qui lui-même est plus ancien que les faluns. Il a trouvé

[1] Cet os est figuré dans le *Congrès international d'anthropologie et d'archéologie*, tenu à Paris en 1867, p. 74, et dans les *Matériaux*, etc., 1848, p. 256.

Digitized by Google

ces silex dans presque toutes les couches qui séparent de l'alluvion cette ancienne assise, comme on peut le voir d'après la coupe suivante prise à Thenay, près Pont-Levoy, département de Loir-et-Cher [1].

1° Alluvion quaternaire avec silex polis et silex taillés du type de Saint-Acheul.

2° Faluns miocènes de la Touraine avec coquilles marines (1m d'épaisseur) et silex taillés.

3° Sables fluviatiles de l'Orléanais avec ossements de *Dinotherium Cuvieri*, *Mastodon angustidens*, *M. Tapiroides*, etc. (3m). Silex taillés.

4° Calcaire de Beauce, compacte à la partie supérieure, marneux à la partie inférieure, avec ossements d'*Acerotherium* (1m,75), sans silex taillés dans la partie supérieure et silex taillés très-rares plus bas.

5° Marne avec nodules de calcaire (0m,80), avec silex taillés.

6° Argile jaune ou verdâtre (0m,35). C'est le gisement principal des silex taillés.

7° Mélange de marne lacustre et d'argile (3m,00). Quelques silex taillés.

8° Argile à silex. Sans silex taillés.

M. Bourgeois reconnait la trace de la main de l'homme dans tous ces silex; il y voit des retouches, des entailles symétriques, des traces d'usure et la reproduction multipliée de certaines formes. Il a aussi trouvé à Thenay, à peu de profondeur au-dessous de la surface du sol, mais cependant associé à des ossements de dinothérium, « un galet composé, dit-il, d'une pâte artificielle mélangée de

[1] *Congrès international d'anthrop. et d'arch.*, p. 67. *Matériaux*, etc., 1868, p. 179. 248.

Digitized by Google

charbon. » Ce savant croit avoir découvert un second gisement du même genre à Billy, près de Selles-sur-Cher (Loir-et-Cher), où l'on exploite à la base du calcaire de Beauce une couche ossifère contenant des restes de tapirs, d'amphicions, des ruminants, etc. « Or, dit-il, il « existe au milieu et au-dessous de ces ossements des « silex noirs, fendillés, craquelés, comme ceux de Thenay, « sur lesquels je crois apercevoir des traces de l'action de « l'homme. » Pour être certain que ces silex ne provenaient pas d'éboulements superficiels, M. Bourgeois a fait creuser un puits, et à 6 mètres de profondeur environ, il a atteint la couche d'argile inférieure au calcaire de Beauce dans laquelle il a trouvé des silex qu'il considère comme taillés [1].

L'âge géologique de ces silex n'est pas douteux. Mais ont-ils réellement été travaillés par l'homme? Beaucoup de savants se refusent à le croire. Les formes de ces silex, disent-ils, sont trop peu accentuées. D'autres fort compétents, soutiennent au contraire que ces formes sont suffisamment caractérisées, et cette opinion s'est assez fortement prononcée pour que M. Hamy ait dit, en faisant un résumé du sujet qui nous occupe, et en parlant des silex de Saint-Prest [2] : « M. Bourgeois possède des « pièces de cette provenance qui sont de nature à con- « vaincre les plus incrédules. Aussi l'âge de *l'Elephas* « *meridionalis* est-il entré de plain-pied dans la science, « grâce à ce patient observateur. »

[1] *Matériaux*, etc , 1869, p. 298.

[2] *Gazette hebdomadaire de médecine et de chirurgie*, 1868, t. V, p. 1. — M. Jourdy a également publié un résumé sur ce même sujet sous le nom de : Les Restes les plus anciens de l'homme. *Philosophie positive* d'octobre 1869 à janvier 1870.

Digitized by Google

Voici encore un témoignage qui n'est pas sans importance. « Quant aux silex recueillis jusqu'à ce jour, dit « M. Cotteau [1], ils sont taillés d'une manière très-fruste, « et plusieurs savants ne peuvent se résoudre à y voir « l'œuvre de l'homme. Cependant, M. l'abbé Bourgeois, « M. le marquis de Vibraye, M. Dupont, de Belgique, « M. de Mortillet, M. de Worsæ l'illustre directeur du Mu- « sée préhistorique de Copenhague, paraissent convain- « cus de leur authenticité [2], » et ajoute M. Cotteau, qui a examiné avec soin ces silex : « il ne m'a paru guère « possible d'attribuer à une autre cause qu'à des cas- « sures intentionnelles, la forme des petits instruments « que j'avais sous les yeux. »

Pendant que l'on discute avec attention si ces silex sont ou ne sont pas taillés, quelques ardents partisans de la théorie du transformisme, liant la taille grossière des silex avec le peu de développement intellectuel présumé de l'homme de cette époque reculée, établissent avec une singulière hardiesse l'existence d'une ancienne race d'hommes inférieure à celle que nous connaissons, se basant uniquement sur le fait que les silex sont taillés et mal taillés. C'est aller un peu vite en besogne. « La « faune miocène, disent-ils, diffère profondément de celle « de notre époque ; l'homme devait être en rapport « avec cette faune ; il a du changer avec elle, et les « partisans de l'espèce auront peut-être un jour la dou- « leur de découvrir dans ces antiques formations un « homme différent spécifiquement de nos races ac-

[1] Rapport sur les progrès de la géologie en France pendant l'année 1868.

[2] Aux noms précédents nous ajouterons celui de M. Waldemar Schmidt, *Matériaux*, etc., 1869, p. 163.

Digitized by Google

« tuelles. » M. Cotteau ajoute, avec un grand sens, « n'est-« ce pas là raisonner sur l'inconnu, ce qui est toujours « un tort en matière scientifique, alors surtout que rien « ne vient justifier une pareille hypothèse. »

Nous qui n'avons point vu les silex de Saint-Prest, ni ceux de Thenay, nous nous bornons à exposer les faits, et nous cherchons à le faire d'une manière impartiale. Nous signalerons des observations de nature à imposer une grande réserve dans les jugements portés sur ce sujet délicat ; on a constaté que des silex exposés à de certaines influences atmosphériques, éclatent en lames tranchantes, dont quelques-unes pourraient bien ressembler à ce qu'on prend pour des silex mal taillés. En effet, dans le voyage que MM. Desor et Escher de la Linth ont fait au Sahara, ils ont remarqué dans le désert de Mourad ou des Zibans, un grand nombre de silex anguleux et tranchants, et d'autres dont les fragments, à peine disjoints, étaient encore en présence les uns des autres. M. Escher a supposé que ces silex se divisaient sous l'influence du soleil, lequel produisait la cristallisation souvent répétée, des sels dont le sol est imprégné, et qui peut-être s'infiltrent dans les fissures capillaires de la pierre [2]. Ce fait important est confirmé par l'observation de M. Fraas, qui, voyageant en Égypte, a vu un matin, peu après que le soleil eut commencé à faire sentir son influence, un éclat de silex presque arrondi se détacher avec bruit d'une masse de même nature. « Déjà auparavant, « dit-il, j'ai vu cent fois à terre, dans le désert, et plus tard « au bord du Nil, des silex éclatés en formes lisses et ar-

[1] *Matériaux*, etc., tome IV, p. 184.
[2] Desor, Aus Sahara und Atlas. Wiesbaden, 1865, p. [illegible]

Digitized by Google

« rondies, et je me suis convaincu de mes yeux et de mes « oreilles que l'action du soleil en était seule la cause [1]. » M. Fraas cite encore deux observations, l'une de Livingstone qui a entendu éclater des pierres à l'ouest du Nyassa, et l'autre du Dr Wetzstein, qui a vu et entendu, à l'est de Damas, des basaltes éclater sous l'influence de la fraîcheur du matin. Les témoignages d'hommes aussi distingués que les savants naturalistes que nous venons de nommer, donnent une grande valeur à ces observations. Il faudrait maintenant savoir jusqu'à quel point les éclats naturels de silex peuvent ressembler à des éclats regardés comme intentionnels ?

Ce n'est pas seulement sur les entailles et sur les silex de Saint-Prest et de Thenay qu'on s'est basé pour établir l'ancienne existence de l'homme tertiaire : On a découvert dans le calcaire lacustre de la Limagne, c'est-à-dire dans le terrain miocène inférieur de Billy, près de Saint-Germain-des-Fossés, département de l'Allier, deux fragments de la mâchoire d'un *Rhinoceros pleuroceros*, Duv. que M. Laussédat a présenté au nom de M. Bertrand, à l'Académie des sciences et à la Société géologique de France [2]. Ces os portent des entailles profondes. Or, « dit M. Laussédat, comme la minéralisation est la même « à la surface des entailles, et à la surface de l'os, la « première idée qui se présente à l'esprit, c'est qu'elles « ont été faites par un instrument tranchant sur l'os à « l'état frais, ce qui reculerait l'apparition de l'homme

[1] Geologisches aus dem Orient. *Würtemb. Naturw Jahreshefte*, 1867, p 182.

[2] *Comptes rendus de l'Acad des Sc.*, 13 avril 1868. — *Bulletin de la Soc géolog. de France*, 1868, t. XXV, 614. — *Matériaux*, etc., 1868, p. 141.

Digitized by Google

« encore plus loin qu'on n'a tenté de le faire jusqu'à pré-
« sent. » On a beaucoup discuté cette curieuse observation sur laquelle il restera probablement toujours du doute, parce que ces os ont été trouvés par un ouvrier seul, et n'ont été remis à des naturalistes que longtemps après. Il est possible qu'au moment de leur découverte, ou plus tard, on ait essayé leur dureté en y faisant des entailles, et qu'ensuite on ait voulu réparer la détérioration qu'ils avaient subie.

Il nous vient aussi des documents de Californie au sujet de l'homme tertiaire. « Nous avons, écrit M. Whitney,
« directeur du *geological Survey* de Californie à M. De-
« sor, des preuves non équivoques de l'existence de
« l'homme sur la côte du Pacifique, antérieurement à
« l'époque glacière et à la période du mastodonte et de
« l'éléphant, dans des temps où la vie animale et végé-
« tale était entièrement différente de ce qu'elle est présen-
« tement, et à une époque depuis laquelle il s'est produit
« une érosion verticale d'environ deux ou trois mille
« pieds des roches dures et cristalisées [1]. » Nous devons, il nous semble, attendre l'exposé de ces preuves. Cette communication a une grande analogie avec celle que M. W. P. Blake a faite en 1867, au congrès de Paris; il a signalé, en Californie, des instruments de pierre sous des alluvions quaternaires, recouvertes d'une grande couche de lave, dans une région où les rivières actuelles ont profondément creusé leurs lits dans ces terrains.

La dernière observation que nous signalerons, est celle qui a été communiquée au congrès international d'An-

[1] *Matériaux*, etc., 1869, p. 109.

Digitized by Google

thropologie de Paris, en 1867, par M. Issel [1], et qui fait le sujet de la note ci-jointe de M. Hamy [2]. Il existe une petite colline nommée *Colle del Vento*, dans l'intérieur de la ville de Savone (Piémont). Le terrain qui la forme est une argile fine, tendre, de couleur grise ou jaunâtre, quelquefois associée à du sable : il renferme quelques os de rhinocéros, des hélices, des fruits et surtout des coquilles marines, dont un peu plus de la moitié se rapportent à des espèces éteintes, en sorte que M. Issel croit qu'il appartient au terrain pliocène inférieur. A 3 mètres de profondeur, dans ce terrain, on a trouvé, vers 1856, un crâne et d'autres ossements humains; plusieurs personnes étaient présentes au moment de la fouille, mais aucune d'elles n'a fait un examen minutieux du sol, dans le but de savoir s'il n'avait pas été remanié, en sorte que quelques-uns des savants du congrès de Paris ont fait des réserves au sujet de la date de l'enfouissement de ce corps dans le terrain pliocène. Il est probable qu'il en sera du squelette de Savone, ce qu'il en a été de celui de Lamassas (Lot-et-Garonne). M. Garrigou a démontré, en effet, que ce dernier avait été enterré bien postérieurement au dépôt du terrain tertiaire, dans lequel il a été trouvé [3].

Que conclure de ce singulier débat ? Nous reconnaissons volontiers la perspicacité et la finesse avec lesquelles les savants qui croient à l'existence de l'homme tertiaire,

[1] *Congrès international d'anthropologie et d'archéologie*, tenu à Paris en 1867, p. 157.

[2] M. Hamy s'en est occupé : *Gazette hebdomadaire de médecine et de chirurgie*, 1868, tome V, p. 1.

[3] *Matériaux*, etc.. 1868, p. 182.

Digitized by Google

ont fait leurs observations, et le haut intérêt qui est attaché à ce que cette question soit élucidée; ils ont agi avec prudence pour écarter, autant que possible, les chances d'erreur sur ce sujet difficile à scruter: mais nous comprenons, qu'ils nous permettent de le dire, comment on peut encore avoir des doutes sur l'existence de l'homme à l'époque antérieure à celle de l'ancienne extension des glaciers.

Alph. Favre.

Digitized by Google

NOTE

SUR

LES OSSEMENTS HUMAINS

TROUVÉS DANS LE PLIOCÈNE INFÉRIEUR DE SAVONE

PAR

M. LE Dr E.-T. HAMY

Secrétaire de la Société d'Anthropologie et Lauréat de la Société Anatomique de Paris.

L'existence de l'homme pendant les temps tertiaires n'est plus aujourd'hui à l'état de simple hypothèse. Les silex taillés, recueillis par M. Bourgeois à Thenay (Loir-et-Cher [1]), ont reculé la date de l'avénement du groupe humain jusqu'au moment où se formaient les calcaires de Beauce. Les sables de l'Orléanais, les faluns de Touraine, interrogés par le même géologue, ont fourni et fournissent encore tous les jours des arguments à la thèse qu'il soutient.

Dans presque toutes les couches déposées depuis lors, on a trouvé de nouvelles preuves de l'ancienneté de l'homme; mais les débris de ce curieux prototype de notre genre ont jusqu'à présent échappé aux recherches les plus attentives. Silex taillés de forme spéciale, ossements nettement incisés, tout cela démontre bien à l'observateur impartial la présence d'un être humain au mi-

[1] Bourgeois, Étude sur des silex travaillés trouvés dans les dépôts tertiaires de Thenay (Loir-et-Cher) *Congrès international d'anthrop. et d'archéol. préhist.*, 2me session. Paris, 1867, p. 67.

Digitized by Google

lieu des acerothères, des mastodontes et des halithères fossiles; mais cet *homme miocène* nous est lui-même absolument inconnu [1].

En est-il de même pour la période suivante? Et les ossements humains du pliocène inférieur de Savone ont-ils jeté quelque lumière sur ces difficiles problèmes de la paléontologie humaine? C'est ce que nous nous proposons d'examiner dans cette note.

Nous nous efforcerons de démontrer que les preuves de l'ancienneté de l'homme, tirées de la présence dans un gisement ossifère des restes d'un membre quelconque de la famille humaine, n'ont pas été faites d'une manière plus nette pour les temps pliocènes que pour ceux qui les avaient précédés, et que, par conséquent, les conclusions de divers ordres qu'avaient tirées quelques anthropologistes de l'examen des pièces, dont il sera question plus loin, sont tout au moins aventurées.

Les seuls débris humains, que l'on ait donnés comme antérieurs à l'époque quaternaire, sont ceux que M. Issel a présentés au Congrès de Paris. Dans un mémoire très-intéressant sur l'*ancienneté de l'homme en Ligurie* [2], ce naturaliste rapporte que, dans une tranchée ouverte, il y a treize ans environ, sur le faîte d'une petite colline, nommée *Colle del Vento*, à Savone, les ouvriers ont mis à découvert, à trois mètres environ de profondeur, d'abord un crâne, puis les autres parties d'un squelette, qui étaient à peu près situées dans leurs connexions naturelles. L'ar-

[1] Les seuls ossements humains trouvés dans le miocène sont ceux de Lamassas, qui ont certainement une date relativement récente. (Cf. Garrigou, *Bulletin de la Société Anthrop. de Paris*, 2me session, 1867, tome II, p. 593.)

[2] *Congrès international d'anthrop. et d'archéol.*, 1867, p. 75.

Digitized by Google

chitecte de Savone, un sculpteur et plusieurs ouvriers ont été témoins de cette trouvaille; mais aucun naturaliste n'avait pu constater, d'une manière rigoureuse, l'intégrité du dépôt dans lequel ces os étaient enfouis.

Le terrain était d'ailleurs certainement pliocène, formé d'une argile fine, tendre, de couleur grise ou jaunâtre, et caractérisée par un grand nombre de coquilles marines, bien conservées, dont un peu plus de la moitié se rapportaient à des espèces éteintes, ce qui a permis de le considérer comme *pliocène inférieur*. Mais le squelette, presque intact, qui gisait au fond de la tranchée de *Colle del Vento*, était-il contemporain de l'argile qui l'enchâssait? C'est ce qui ne ressort pas d'une manière indiscutable du mémoire que nous analysons. On rencontre bien, en effet, dans le pliocène ligurien des fossiles terrestres, tels que des os de rhinocéros, des *helix*, des fruits et des tiges de conifères demi-carbonisées; mais, entre ces débris isolés, fortement altérés, et les ossements humains en connexion, et bien conservés d'ailleurs, que MM. Perrando et Sghina de Carcare, ont communiqués à M. Issel, il y a, ce nous semble, assez de différence pour qu'il soit permis de supposer, tout d'abord, que l'homme de Savone, comme celui du miocène de Lamassas, a été enseveli à une date bien postérieure à celle du dépôt qui le contient.

L'état physique des os de Savone, leurs caractères anatomiques ont été invoqués en faveur de leur antiquité. Nous n'avons rien trouvé dans les descriptions de MM. Issel, Prüner-Bey et Broca qui fût spécial à ces débris, ou qui attestât leur enfouissement à l'époque lointaine à laquelle on les a fait remonter.

Sans doute, ces ossements « sont fragiles, légers, luisants sur leurs surfaces naturelles; » sans doute, « ils

Digitized by Google

happent à la langue, » et présentent la même couleur que le terrain où on les a trouvés.

Mais ces particularités ont été maintes fois observées dans certaines conditions sur les ossements récents; quant aux caractères anatomiques, la seule conséquence qu'on puisse tirer de leur étude, c'est que cet individu était de petite taille, et un peu prognathe. Le morceau de pariétal droit, le seul fragment crânien qui ait été conservé, est d'épaisseur moyenne, et ses sutures ne diffèrent pas de celles qu'on rencontre habituellement [1]. Le maxillaire supérieur, dont il existe les deux tiers internes environ, est de dimensions exiguës. Son arcade alvéolaire est étroite, les alvéoles eux-mêmes sont petits et dirigés d'arrière en avant. La première prémolaire, encore en place, est fortement usée; mais cette usure peut aussi bien avoir été produite par l'âge que par la race, et rien ne prouve que nous devions voir là un caractère *paléontologique.*

Cette usure, signalée en Europe dans les temps préhistoriques, se rencontre, en effet, chez vingt peuples divers, anciens ou modernes, n'ayant rien de commun qu'une alimentation grossière. Plusieurs sous-races de France la présentent encore aujourd'hui, et elle n'est pas rare en Italie, où les Ligures actuels en fournissent de nombreux exemples.

Nous n'avons rien trouvé jusqu'à présent qui diffé-

[1] On a fait remarquer leur état de simplicité, et nous avons entendu un anatomiste habile établir un rapprochement à ce point de vue entre le fragment de Savone et quelques autres débris humains incontestablement fossiles, dont les sutures crâniennes sont peu denticulées. Il oubliait que le fragment présenté par M. Issel n'a de sutures que la partie la plus interne de la suture coronale et la portion la plus antérieure de la suture sagittale qui ne sont le plus souvent que sinueuses.

Digitized by Google

renciât les os de *Colle del Vento* de ceux d'un Ligure des temps historiques, petit, un peu prognathe, usant rapidement ses dents par la mastication. L'étude des débris osseux du tronc, ou des membres, clavicules, tête de fémur, fragments d'humérus et de péroné, vient appuyer ce rapprochement que l'on doit à M. Prüner-Bey [1].

Un seul fragment a pu donner lieu à des erreurs d'interprétation, c'est une partie du maxillaire inférieur, comprenant l'apophyse coronoïde et l'alvéole de la dent de sagesse. M. Broca a tout d'abord été frappé de la *singularité des caractères* [2] de cette apophyse *excessivement aiguë* et courbée en *lame de sabre*. Ce savant anthropologiste semblait même attacher à ces caractères anatomiques une assez grande valeur.

L'examen de quelques pièces recueillies depuis lors, a bien diminué, à ses yeux, leur importance. Il résulte, en effet, des recherches que nous avons faites personnellement dans les collections et les bibliothèques de la capitale, que cette forme n'est point rare.

L'usure très-marquée de la première prémolaire supérieure autorisait à croire, ainsi qu'on l'a dit précédemment, que le squelette de Savone a appartenu à un homme ayant dépassé l'état adulte; or, l'acuïté et la forte incurvation de l'apophyse coronoïde sont propres à *l'état sénile*.

Nous avons sous les yeux neuf maxillaires inférieurs, à peu près édentés, ayant tous appartenu à des sujets avancés en âge, et de races très-diverses; leurs apophyses coronoïdes reproduisent, à différents degrés, la forme de celle du maxillaire de Savone, et, dans le nom-

[1] *Congrès intern.*, 2me session. Paris, 1867, in-8°, p. 156.
[2] Ibidem, p. 157.

Digitized by Google

bre, il en est deux qui sont plus longues, plus grêles, plus aiguës et même plus fortement courbées que celle dont il est ici question. La largeur de notre apophyse est de 17 millimètres environ à la base, sa longueur en atteint 23; la première de ces dimensions est réduite à 16 dans l'une de nos pièces, la seconde dépasse 25 millimètres; dans l'autre mâchoire, la longueur de l'apophyse égale 31 millimètres, la largeur à la base étant de 14 millimètres seulement [1]. D'où il résulte que, dans une série rapidement recueillie dans divers ossuaires, et particulièrement dans le charnier de Sainte-Marine de Paris (1866), la trop célèbre mandibule de *Colle del Vento* occuperait seulement le troisième rang au point de vue de ces caractères exceptionnels : longueur de l'apophyse coronoïde, exiguïté des dimensions de cette même partie, dans le sens de sa largeur. Nous avons déjà dit que, sur nos deux pièces et sur quelques autres, la courbure était à peu près la même, ou dépassait légèrement celle de la pièce dont il est fait mention.

Nous ferons remarquer, en terminant, que cette pièce porte une dent de sagesse assez profondément cariée; or, la carie dentaire s'est jusqu'ici très-rarement montrée chez les hommes *vraiment fossiles*, tandis qu'elle est commune dans d'autres races, qui ont depuis cette époque évolué sur notre sol.

[1] Cf. Barkow, *Comparative Morphologie des Menschen und der menschähnlichen Thiere*, 2me p. Breslau, 1862, in-folio, pl 48, fig. 1.

Digitized by Google

NOTE

SUR

LA CRAIE DE LA GALICIE ORIENTALE[1]

PAR

M. ERNEST FAVRE.

La craie occupe une grande étendue dans la Galicie orientale ; elle y est recouverte par le terrain tertiaire, mais elle apparaît dans toutes les dénudations du sol. Elle est ordinairement formée d'une marne et d'un calcaire marneux très-fins, de couleur grisâtre et à stratification indistincte ; c'est ainsi qu'on l'observe surtout dans les environs de Lemberg. Ailleurs, à Nagorzany par exemple, village situé à quatre lieues au sud de Lemberg, elle prend l'apparence d'un grès dur en bancs épais, alternant avec des bancs calcaires. Ces roches ont une grande puissance, et nulle part, on ne les voit en contact l'une avec l'autre; un puits de 120 mètres de profondeur, creusé à Lemberg n'a pas traversé les marnes ; les couches sont presque horizontales; la stratigraphie ne donne donc aucun renseignement sur l'âge relatif de ces deux gisements. Les divergences minéralogiques coïncident avec des divergences paléontologiques importantes; toutefois, les espèces communes à ces deux terrains, sont assez caractéristiques, et le nombre en est assez grand pour qu'on puisse, sans hésitation, les regarder comme formés à la même époque, et ne voir dans ce qui les distingue que des différences de faciès.

[1] Cette note est le résumé d'un mémoire que je viens de publier sous le titre de *Description des mollusques fossiles de la craie des environs de Lemberg en Galicie*, 1869; un vol. in-8° avec 13 planches.

Digitized by Google

La faune de la craie de la Galicie est riche et très-variée; outre les mollusques, elle renferme de nombreux restes de poissons, des crustacés, des serpules, des échinodermes, entre autres l'*Ananchytes ovata* Lam., des polypiers et des foraminifères; on y a aussi recueilli quelques restes de plantes. Les mollusques se répartissent en 65 genres et sont au nombre de 170 espèces; 109 d'entre elles proviennent de Nagorzany, 92 de Lemberg; 31, c'est-à-dire plus du tiers des espèces de Lemberg se retrouvent à Nagorzany. 64 espèces sont connues hors de la Galicie, et fixent d'une manière positive l'âge de cet horizon de la craie; les autres sont, jusqu'à aujourd'hui, spéciales à cette région.

L'ensemble de la faune indique un dépôt littoral qui s'est formé d'une manière régulière, tranquille et très-lente. Le gisement de Lemberg est riche en espèces dont le test est mince et l'ornementation délicate. Les céphalopodes et les gastéropodes sont nombreux surtout à Nagorzany, où quelques espèces atteignent une taille considérable; les lamellibranches et les brachiopodes forment la majorité de la faune de Lemberg, et ces derniers y sont particulièrement abondants.

Voici la liste de ces fossiles [1] :

	Nagorzany.	Lemberg.
Belemnitella mucronata Schloth. sp.	id.	id.
Nautilus interstriatus v. Stromb.	id.	id.
patens Kner.	id.	—
Galicianus Alth.	—	id.
Dekayi Mort.	id.	—

[1] Ces fossiles appartiennent aux magnifiques collections de l Institut impérial de géologie et du Musée impérial de minéralogie à Vienne, et ont été mis généreusement à ma disposition par les directeurs de ces Musées, M. le chevalier de Hauer et M. M. Hœrnes.

Digitized by Google

	Nagorzany.	Lemberg.
Nautilus sublævigatus d'Orb	id.	—
quadrilineatus nov. sp.	id.	—
Ammonites Gardeni Baily	id.	—
Neubergicus v. Hauer	id.	—
Galicianus nov. sp.	id.	—
Scaphites constrictus Sow. sp.	id.	id.
tenuistriatus Kner	—	id.
trinodosus Kner	id.	—
tridens Kner	id.	id.
Hamites cylindraceus Defr. sp.	id.	—
Baculites Knorrianus Desm	id.	id.
Faujasi Lam	id.	id.
Helicoceras Schlœnbachi nov. sp.	id.	—
Bulla faba Kner sp.	id.	id.
Avellana inverse-striata Kner	id.	id.
maliformis nov. sp.	id.	—
Cerithium polystropha Alth	—	id.
Lorioli nov. sp.	id	—
Nagorzanyense nov. sp.	id.	—
tenue-costatum nov. sp.	id.	—
paucicostatum nov. sp.	id.	—
plicato-carinatum nov. sp.	id.	—
Turritella quadricincta Goldf.	id.	—
bigemina Kner	id.	—
Laubei nov. sp.	id.	—
Leopoliensis Alth	—	id.
Scalaria decorata Rœm. sp.	id.	—
Polenburgi Alth	—	id.
Leopoliensis Alth	—	id.
Tylostoma striatum nov. sp.	id.	—
Natica Hœrnesi nov. sp.	id.	—
Galiciana nov. sp.	id.	—
Pleurotomaria supercretacea nov. sp.	id.	—
Haueri Kner	id.	—

Digitized by Google

	Nagorzany.	Lemberg.
Pleurotomaria minima nov. sp.	id.	—
Turbo tuberculato-cinctus Goldf. sp.	id.	—
costato-striatus Kner	id.	—
amatus d'Orb.	id.	—
Mojsisovicsi nov. sp.	id.	—
quinquestriatus nov. sp.	id.	—
Galicianus nov. sp.	id.	—
Plachetkoi nov. sp.	—	id.
cancellatus Plach.	—	id.
Trochus plicato-carinatus Goldf.	id.	id.
dichotomus Alth.	—	id.
miliariformis Alth.	—	id.
Althi nov. sp.	—	id.
Polonicus nov. sp.	id.	—
fenestratus Alth.	—	id.
echinulatus Alth.	—	id.
Phorus onustus Nilss. sp.	id.	—
Solarium granulato-costatum Alth.	—	id.
depressum Alth.	—	id.
Sturi nov. sp.	—	id.
Pterocera piriformis Kner. sp.	id.	—
Kneri nov. sp.	id.	—
Aporrhais emarginulata Gein. sp.	id.	id.
Buchi Munst. sp.	id.	—
stenoptera Goldf. sp.	id.	—
Nagorzanyensis nov. sp.	id.	—
arachnoides Mull. sp.	id.	—
laevis Alth sp.	—	id.
Fusus nereidis Munst.	id.	—
indutus Goldf. sp.	id.	—
inconsequens Kner	id.	—
æque-costatus nov. sp.	—	id.
Galicianus Alth.	—	id.
septemcostatus nov. sp.	id.	—

Digitized by Google

	Nagorzany.	Lemberg.
Fusus canalifer nov. sp.	id.	—
funiculatus Alth.	—	id.
carinatulus d'Orb.	id.	—
Althi Kner.	id.	—
Triton multicostatum nov. sp.	id.	—
Buccinum fallax nov. sp	id.	id.
Kneri nov. sp.	id.	—
Cancellaria supercretacea nov. sp.	id.	—
Voluta semilineata Munst. sp.	id.	—
Nagorzanyensis nov. sp.	id.	—
difficilis nov. sp.	id	—
granulosa nov. sp.	id.	—
Kneri nov. sp.	id.	—
reticulata Alth.	—	id.
Mitra Leopoliensis Alth.	—	id.
Emarginula costato-striata nov. sp.	id.	—
Helcion Nechayi Kner sp.	id.	—
inornata Alth sp.	id.	id.
Dentalium nutans Kner.	id	—
multicostatum nov. sp.	id.	id
Sacheri Alth.	—	id.
Neaerea caudata Nilss. sp.	id	id.
brevirostris Alth sp.	—	id.
Panopaea Nagorzanyensis nov. sp.	id.	—
Pholadomya Esmarki Nilss. sp.	id.	id.
decussata Mant. sp.	id	id.
Kasimiri Pusch.	—	id.
Anatina harpa Kner.	id.	—
Thracia Picteti nov. sp.	id.	—
Cypricardia Galiciana nov. sp.	id.	—
parallela Alth.	—	id.
Isocardia Galiciana Alth.	id	—
subquadrata Alth.	—	id.
Heberti nov. sp.	id	—

Digitized by Google

	Nagòrzany.	Lemberg.
Cardium lineolatum Reuss	id.	id.
fenestratum Kner	id.	id.
Lucina cretacea Alth	—	id.
Astarte similis Munst	id	id.
Opis biloculata Kner sp	—	id.
Leda producta Nilss. sp	id.	id.
Puschi Alth	—	id.
Nucula truncata Nilss	—	id.
ascendens Alth	—	id.
Limopsis rhomboidalis Alth	id.	id.
radiata Alth	—	id.
Sacheri Alth	—	id
Arca tenuistriata Munst	id.	—
Geinitzi Reuss	id.	—
Leopoliensis Alth	—	id.
Galiciana Alth	—	id.
granulato-radiata Alth	—	id.
securiformis Kner	id	—
Pinna cretacea Schloth. sp	—	id.
Avicula cincta Alth	—	id.
Althi nov. sp	—	id.
Gervillia solenoides Defr	id.	id.
Inoceramus Cripsi Mant	id	—
Lamarki Park	id.	—
Lima decussata Munst	id.	id.
Hoperi Mant. sp	id	—
Althi nov. sp	—	id.
Bronni Alth	—	id.
Pecten membranaceus Nilss	id.	id.
Nilssoni Goldf	id.	—
sublaminosus nov. sp	id.	—
pusillus Alth	—	id.
pulchellus Nilss	—	id.
Zeiszneri Alth	—	id.

Digitized by Google

	Nagorzany.	Lemberg.
Pecten acute-plicatus Alth.	—	id.
Leopoliensis Alth.	—	id.
Stachei nov. sp.	—	id.
semiplicatus Alth.	—	id.
subexcisus nov. sp.	—	id.
scissus nov. sp.	id.	—
Galicianus nov. sp.	id.	—
Althi nov. sp.	—	id.
excisus Pusch.	id.	—
Janira quadricostata Sow. sp.	—	id.
striato-costata Goldf. sp.	id.	—
Spondylus Dutempleanus d'Orb.	—	id.
Ostrea vesicularis Lam.	id.	id.
hippopodium Nilss.	—	id.
semiplana Sow.	id.	id.
larva Lam.	id.	id.
curvirostris Nilss.	—	id.
cyrtoma Alth.	—	id.
Lingula planulata Alth.	—	id.
Magas pumilus Sow.	id.	—
Terebratella Zeiszneri Alth.	—	id.
Terebratulina chrysalis Schloth. sp.	—	id.
Gisei Hag. sp.	id.	—
Terebratula carnea Sow.	id.	id.
obesa Sow.	id.	id.
Rhynchonella plicatilis Sow. sp.	id.	id.
limbata Schloth. sp.	id.	id.
Megathyris decemplicata Alth.	—	id.
Crania palmicosta Plach.	—	id.

Cette faune a déjà été l'objet de l'étude de divers savants parmi lesquels je citerai en première ligne M. Kner et M. Alth. Leurs travaux m'ont été d'une grande utilité, quoique j'aie dû m'écarter sur bien des points des opi-

Digitized by Google

nions émises par ces paléontologistes. M. Alth indique dans l'ensemble de cette faune onze espèces ayant traversé toute la période crétacée, cinq retrouvées seulement dans le gault, et un grand nombre communes à divers étages des terrains crétacés supérieurs. M. d'Archiac se fondant sur la présence dans les listes de fossiles d'espèces telles que le *Nautilus elegans* Sow., le *N. Bouchardianus* d'Orb., le *N. simplex* Sow., le *N. Fleuriausianus* d'Orb., l'*Avellana cassis* d'Orb., la *Natica excavata* Mich., en tirait la conclusion suivante[1] : « Les « marnes des environs de Lemberg ont été comparées « aux couches de Lemforde et de Haldem (Westphalie), « mais les fossiles que nous venons de citer doivent les « faire placer dans le véritable pläner. » Dans la description que j'ai donnée de cette faune, j'ai montré qu'un grand nombre de fossiles déterminés comme des espèces appartenant à des horizons inférieurs, sont ou des espèces nouvelles, ou des espèces de la craie blanche qui ont été méconnues. Ainsi, j'ai constaté que le *Nautilus elegans* de M. Kner est le *N. interstriatus*, belle espèce décrite en 1863 par M. de Strombeck, et qui n'avait pas encore été figurée; le *N. Bouchardianus* est devenu le *N. Dekayi* Mort.; les avellanes et les natices se distinguent très-bien des espèces citées plus haut, et ont dû recevoir des noms nouveaux, etc.

La liste de fossiles que je viens de donner indique évidemment que le terrain crétacé de la Galicie appartient à la partie supérieure de la craie blanche, c'est-à-dire à la partie inférieure de la craie à *Belemnitella mucronata*, dont la partie supérieure forme l'étage danien de d'Orbigny ou la craie supérieure. Cependant plusieurs es-

[1] Histoire des progrès de la géologie, t. V, 2me partie, p. 332.

Digitized by Google

pèces de cette faune se retrouvent dans la craie à *Belemnitella quadrata* et dans la craie à *Micraster coranguinum;* un très-petit nombre sont communes à des horizons inférieurs à ce dernier; un plus grand nombre ont prolongé leur existence pendant le dépôt de la craie supérieure.

La mer crétacée occupait alors en Europe la partie sud-est de la Grande-Bretagne, gisement principal Norwich; le bassin de Paris où cet horizon est connu sous le nom de craie de Meudon; le Limbourg et le Hainault en Belgique; la Westphalie dans laquelle les gisements de Haldem et de Lemforde présentent une faune très-riche de la même époque; le Hanovre où les gisements les plus remarquables sont ceux de Ahlten et du Zeltberg près de Lunebourg; le Danemark où les dépôts de cette époque forment les falaises des îles de Mœn et de Seeland; la Scanie en Suède, avec les gisements connus de Kœpinge, Balsberg, Ifo et Kjugestrand; une partie de la Poméranie, particulièrement l'île de Rugen et celle d'Usedom. Cette mer s'étendait au sud dans la Pologne, en contournant le grand massif de la Bohême, et se prolongeait dans la Galicie le long du versant septentrional des Carpathes; c'est là que vivait la faune nombreuse dont je viens de faire l'étude; elle a pénétré dans la Russie méridionale, et a laissé des dépôts bien caractérisés dans la Crimée, dans les bassins du Donetz et du Don, surtout à Uspenk, dans les provinces de Kharkof et de Kursk, et dans les environs de Simbirsk sur la rive droite du Volga; elle s'étendait même à l'est de ce fleuve, et on en trouve les traces sur les rives de l'Oural et sur celles de l'Emba, un des affluents de la mer Caspienne. Plus au sud, elle occupait la région du Caucase

Digitized by Google

où sa présence a été constatée sur plusieurs points, soit dans la partie occidentale de la chaîne, soit dans le Daghestan.

L'Espagne, l'ouest et le sud de la France, le sud de l'Allemagne et la Bohême formaient à cette époque un continent non interrompu. Au sud de cette région, on trouve des dépôts appartenant au même horizon, dans les Baléares et dans les Alpes; on ne peut méconnaître leur présence dans le massif de la Grande-Chartreuse et dans la vallée d'Entremont, où l'on a trouvé la *Belemnitella mucronata*, l'*Ostrea vesicularis*, l'*Ananchytes ovata*, etc. Les calcaires crétacés de la Savoie et la partie supérieure du Seewerkalk des Alpes suisses sont peut-être une prolongation du même terrain ; c'est du moins ce que semble prouver la découverte de l'*Ananchytes ovata* dans plusieurs localités. Dans les Alpes de la Bavière et les Alpes autrichiennes, la craie prend un autre caractère, et devient très-riche en fossiles; les couches de Gosau forment une série de terrains encore incomplétement définis; mais la partie supérieure de ces couches appartient d'une manière certaine au même horizon ; les fossiles indiqués plus haut se trouvent, avec d'autres espèces caractéristiques, dans la Bavière et le Tyrol septentrional. Hors de l'Europe, l'Amérique du Nord paraît posséder seule, jusqu'à aujourd'hui, des dépôts du même âge.

La craie de la Galicie a un assez grand nombre d'espèces communes avec celle du bassin de Paris. Elle a cependant une ressemblance minéralogique et paléontologique beaucoup plus grande avec les dépôts du nord de l'Allemagne et de la Scandinavie. La craie de Haldem en Westphalie est celle qui a le plus de rapport avec le terrain dont nous nous occupons. Après la craie de Haldem,

Digitized by Google

la craie du Hanovre, celle de l'île de Rugen, celle de la Scanie et celle du Limbourg offrent le plus grand nombre d'espèces identiques à celles de la Galicie.

La proportion des espèces communes entre la craie de Nagorzany et les principaux gisements de la craie à *Belemnitella mucronata* est la même qu'entre la craie de Lemberg et ces mêmes gisements; c'est là une nouvelle preuve de la contemporanéité des dépôts de ces deux localités.

Depuis le dépôt de cet horizon de la craie, le mouvement presque général d'exhaussement du continent européen, dont l'origine remonte à une époque bien antérieure, a continué, et la formation de la craie supérieure a commencé à s'opérer. On la trouve par lambeaux, formant le calcaire à Baculites du Cotentin, le terrain mæstrichtien du Limbourg et du Hainault, la craie de Ignaberga en Suède, le calcaire pisolitique du bassin de Paris, la craie de Mæstricht et celle de Faxœ. Ces dépôts, dont les trois premiers sont, d'après M. Hébert, plus anciens que les derniers, occupent une étendue très-restreinte. Ils ont encore des rapports paléontologiques frappants avec la craie blanche supérieure et renferment plusieurs espèces caractéristiques de ce terrain. Je me bornerai à citer les suivantes : *Belemnitella mucronata, Nautilus Dekayi, Scaphites constrictus, Baculites Faujasi, Turbo tuberculatocinctus, Pecten membranaceus, P. pulchellus, Janira quadricostata, Ostrea vesicularis, Terebratula carnea, T. obesa, Rhynchonella limbata.*

Digitized by Google

SUR

L'ILLUMINATION DES CORPS TRANSPARENTS

PAR

M. J.-L. SORET

Dans une Note publiée il y a quelques mois [1], j'ai signalé l'analogie qui existe au point de vue de la polarisation entre la lumière du ciel et celle de l'eau. L'idée de ces recherches m'avait été suggérée par les belles observations de M. Tyndall sur les propriétés optiques des substances à l'état de nuage. Comme les gaz dans lesquels flottent des particules très-ténues, l'eau et d'autres liquides s'illuminent par le passage de la lumière, c'est-à-dire qu'une partie de cette lumière est renvoyée dans toutes les directions, et présente des propriétés de polarisation tout à fait comparables à celles que l'on observe dans le cas des gaz. J'ai naturellement supposé que la cause première de ces phénomènes est la même, quel que soit l'état du corps transparent, et que l'illumination des liquides provient de la présence de *corpuscules* en suspension.

Depuis lors M. Alex. Lallemand a fait à l'Académie des Sciences plusieurs communications sur l'illumination des corps transparents ; mais il n'attribue pas ce phénomène à la même origine que moi. Il reconnaît bien que pour les

[1] Sur la polarisation de la lumière bleue de l'eau, *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 19 avril 1869, tome LXVIII, p. 911, et *Archives des Sciences phys. et natur.*, mai 1869, tome XXXV, p. 54.

M. le professeur Hagenbach a bien voulu me communiquer récemment une Note sur le même sujet. On la trouvera à la suite du présent mémoire.

Digitized by Google

gaz il doit être produit par une réflexion sur des particules très-ténues; mais pour les liquides et les solides, il pense qu'il résulte d'une propagation latérale du mouvement vibratoire de l'éther.

Je ne saurais mieux faire connaître les arguments que M. Lallemand donne à l'appui de son opinion, qu'en reproduisant textuellement les Notes qu'il a publiées, et qui, du reste, relatent un grand nombre d'expériences et de faits très-intéressants.

Ire NOTE DE M. LALLEMAND.

Recherches sur l'illumination des liquides par un faisceau de lumière neutre ou polarisée[1].

« Lorsqu'on illumine, par un faisceau de rayons solaires, différents liquides, on observe des phénomènes variés qui dépendent de la nature de la substance employée; et, à ce point de vue, les liquides se divisent en trois catégories. Les uns n'ont pas de fluorescence appréciable et ne possèdent pas de pouvoir rotatoire; les seconds sont plus ou moins fluorescents, et, comme les premiers, n'exercent aucune déviation sur le plan de polarisation de la lumière incidente: les derniers sont ceux qui ont un pouvoir rotatoire moléculaire, auquel vient s'ajouter souvent une fluorescence assez énergique. Je vais résumer, le plus brièvement possible, le résultat de mes expériences sur ces trois classes de corps, et les conclusions importantes qu'il me semble permis d'en tirer.

« Le liquide est introduit dans un large tube de verre, fermé à ses deux extrémités par des glaces parallèles. Le tube, placé horizontalement dans une chambre obscure, re-

[1] *Comptes rendus*, 19 juillet 1869, tome LXIX, p. 189.

Digitized by Google

çoit dans la direction de son axe un faisceau de rayons solaires, réfléchi par un miroir métallique et rendu légèrement convergent par une lentille achromatique à long foyer; un large prisme de Foucault, interposé au besoin sur le trajet du faisceau, sert à polariser la lumière dans un plan déterminé.

« Supposons que le tube renferme de l'eau pure, et qu'on opère d'abord avec de la lumière neutre, ou du moins ne possédant que la polarisation elliptique due à la réflexion des rayons solaires sur le miroir argenté. En regardant le tube dans une direction transversale, on constate que l'eau s'illumine, et, si l'on dirige un analyseur biréfringent, un Nicol par exemple, normalement à l'axe du faisceau et dans un azimut quelconque, on reconnaît que l'extinction est complète quand la section principale du prisme est parallèle à l'axe du tube; c'est-à-dire que la lumière émise par l'eau, dans une direction quelconque normale à l'axe du faisceau, est entièrement polarisée dans un plan passant par l'axe. En inclinant le Nicol sur l'axe dans les deux sens, l'extinction n'est plus complète, la lumière est partiellement polarisée, et d'autant moins que l'inclinaison est plus grande.

« Si la lumière incidente est polarisée par le prisme de Foucault dans un plan horizontal, le phénomène change : à la simple inspection du tube, on reconnaît qu'il n'y a illumination que dans une direction horizontale; en regardant de haut en bas ou de bas en haut, l'obscurité est complète. On reproduit ainsi, avec un milieu homogène parfaitement transparent, la belle expérience que M. Stokes a suggérée à M. Tyndall, dans ses recherches sur les condensations nuageuses que la lumière électrique détermine au sein d'un milieu raréfié renfermant des vapeurs décomposables. Mais la conclusion qu'on en peut tirer est bien différente. Tandis que, dans l'expérience de M. Tyndall, l'illumination doit être attribuée à un phénomène de réflexion sur des particules solides ou liquides extrêmement ténues; avec un milieu transparent et

Digitized by Google

homogène comme l'eau récemment distillée, on ne peut plus invoquer un effet de réflexion particulaire, c'est une véritable propagation du mouvement vibratoire au sein de l'éther condensé du milieu réfringent qui a lieu exclusivement dans le plan de polarisation de la lumière incidente et dans toutes les directions ; et ce qui le prouve, c'est la manière dont se comporte cette lumière avec un Nicol analyseur. En plaçant le Nicol horizontalement et dans une direction normale à l'axe du tube, on constate que la lumière émise transversalement est complétement polarisée, et si l'on incline l'analyseur sur l'axe du tube, on reconnaît que *sous toutes les incidences* la lumière émise est encore *entièrement polarisée* dans un plan horizontal. Pour éviter l'influence perturbatrice de la réfraction et de la réflexion interne sur les parois du tube, il vaut mieux observer l'eau dans un flacon cylindrique et viser avec le Nicol l'axe du flacon dans toutes les directions horizontales. La polarisation dans le plan primitif est toujours totale.

« Les deux expériences que je viens de rapporter constituent d'abord une vérification expérimentale du principe d'Huyghens qu'on invoque, en particulier, dans l'explication des phénomènes de diffraction; et il me semble, en outre, que la seconde est une preuve *visible* de la direction du mouvement vibratoire de l'éther dans un rayon polarisé. L'interférence des rayons polarisés et les phénomènes de double réfraction ont conduit à cette conclusion mathématique que les molécules éthérées vibrent dans le plan de l'onde et que dans un rayon polarisé les vibrations sont rectilignes et perpendiculaires au rayon ; mais les lois expérimentales de la polarisation n'ont pas permis de décider l'importante question de savoir si, dans un rayon polarisé, la vibration est parallèle ou perpendiculaire au plan de polarisation. Dans l'expérience que je viens de citer, on voit que le mouvement vibratoire ne se propage pas normalement au plan et se propage au contraire en tous sens dans le plan de polarisation.

Digitized by Google

Les molécules éthérées vibrent donc perpendiculairement à ce plan, et ne peuvent propager dans cette direction que des ondes analogues aux ondes aériennes, qui, si elles existent, ne provoquent aucun phénomène lumineux.

« Les acides azotique, chlorhydrique, l'ammoniaque, etc., se comportent comme l'eau. L'expérience est surtout remarquable avec le collodion : lorsque ce liquide est de préparation récente et que, par la filtration ou la décantation, on l'a obtenu bien limpide, incolore et transparent, il s'illumine avec un grand éclat dans le plan de polarisation, tandis que dans la direction normale à ce plan, l'extinction est totale. La seule difficulté qu'offrent les expériences de cette nature, c'est celle qu'on éprouve à obtenir des liquides entièrement débarrassés de poussières ou corpuscules de diverses natures qui deviennent le siége d'une réflexion diffusé ou spéculaire et nuisent à la netteté du résultat.

« Avec les liquides fluorescents, les phénomènes sont plus complexes. Si l'on met, par exemple, en expérience de l'eau pure tenant en dissolution des traces d'esculine ou de sulfate de quinine, et que le faisceau lumineux soit polarisé horizontalement, condition que je supposerai toujours réalisée dorénavant, le liquide observé verticalement s'illumine d'une teinte bleue uniforme, dont l'intensité va décroissant depuis la face d'incidence jusqu'à l'extrémité du tube. Cette lumière est d'ailleurs neutre à l'analyseur. En visant dans une direction horizontale, l'illumination est bleue à l'origine du tube et devient bientôt blanche et même un peu jaunâtre vers l'extrémité opposée. Le Nicol montre que cette lumière est partiellement polarisée dans le plan primitif, et, dans la position d'extinction, laisse persister une teinte bleue, identique à celle qu'on observe directement au même point en visant de haut en bas. L'analyseur permet ainsi d'arrêter toute la lumière due à une propagation latérale, et ne laisse passer que la lumière neutre engendrée par la fluorescence. Ce procédé offre un moyen commode d'isoler et d'analyser l'illumination due exclusivement à la fluorescence.

Digitized by Google

« Si, au contraire, on fait précéder le tube à expérience d'une cuve renfermant le même liquide plus chargé d'esculine ou de sulfate de quinine, qui arrête tous les rayons excitateurs violets ou ultra-violets, le liquide contenu dans le tube se comporte comme l'eau pure et paraît complétement obscur dans le sens vertical.

« Ce mode d'analyse conduit à des conséquences inattendues, et montre que la fluorescence est beaucoup plus commune dans les liquides qu'on ne l'avait supposé. Si elle n'a pas été remarquée dans un grand nombre de liquides qui la possèdent, c'est que tous les rayons du spectre sont susceptibles, dans certains cas, de provoquer le phénomène, et que la fluorescence du liquide, au lieu de se produire avec un maximum d'éclat et une couleur propre au contact de la face d'incidence, se manifeste dans toute la masse liquide que la lumière traverse et sans couleur propre bien tranchée. Prenons comme exemple le sulfure de carbone, rectifié sur de la chaux vive et mis en contact avec du cuivre réduit par l'hydrogène ; il est alors parfaitement incolore, et, soumis à l'action des rayons polarisés, il s'illumine sur toute la longueur du tube et dans tous les azimuts, d'une teinte blanche légèrement bleuâtre. En visant horizontalement avec un polariscope de Savart, on y reconnaît la présence d'un peu de lumière polarisée, tandis que, dans le sens vertical, la lumière émise est neutre, entièrement due à la fluorescence, et l'analyse spectrale y révèle toutes les couleurs prismatiques.

« En opérant avec une lumière homogène, on reconnaît, en effet, que les rayons rouges excitent dans le sulfure de carbone une fluorescence rouge, et qu'en définitive les atomes de ce liquide peuvent vibrer sous l'influence de tous les rayons lumineux du spectre et émettre ensuite, dans toutes les directions, de la lumière neutre de même réfrangibilité ou d'une réfrangibilité très-peu différente. Un grand nombre de liquides d'origine organique, les carbures d'hy-

Digitized by Google

drogène en particulier, se comportent comme le sulfure de carbone, et je me borne, pour le moment, à indiquer un mode d'analyse et d'étude de la fluorescence des liquides qui constitue un long sujet de recherches que j'ai encore à peine effleuré.

« Ce que j'ai dit plus haut de l'illumination des liquides, par propagation latérale directe des vibrations lumineuses dans l'éther condensé des milieux réfringents, fait pressentir les curieux effets qu'offrent les liquides doués du pouvoir rotatoire, quand on les soumet à l'action du faisceau polarisé. Qu'on prenne un long tube rempli d'une solution concentrée de sucre de canne, et qu'on l'illumine d'abord avec une lumière rouge homogène, la solution n'ayant pas de fluorescence sensible, si l'on regarde le tube verticalement dans le voisinage de l'incidence, il paraît obscur. Dans une direction horizontale, au contraire, il émet une vive lumière; mais, en l'éloignant de la face d'incidence, on remarque qu'il faut tourner autour du tube, de gauche à droite, et viser dans une direction de plus en plus inclinée, pour apercevoir la bande illuminée, et si l'on trace sur le tube la direction moyenne de cette bande, on vérifie que cette direction est une hélice, dont le pas est justement représenté par la longueur de la colonne du liquide actif qui ferait tourner le plan de polarisation de la lumière incidente de 360 degrés: la longueur du pas diminue quand la réfrangibilité de la lumière augmente, suivant la loi approximative donnée par Biot; et si la lumière incidente est blanche, toutes les hélices lumineuses superposées à l'origine du tube se séparent bientôt, et donnent une illumination latérale prismatique de l'effet le plus curieux. Si l'on dirige le rayon visuel de gauche à droite, autour d'une section déterminée du tube, on voit les teintes mixtes se succéder dans l'ordre de réfrangibilité. En visant, au contraire, dans la direction d'une génératrice du cylindre, et en allant de l'origine du tube à son extrémité, on observe de même la succession des nuances

Digitized by Google

prismatiques et pour certains azimuts : on comprend que cette succession est identique à celles des teintes qu'on observerait avec l'analyseur bi-réfringent, placé sur le trajet du faisceau émergent. Malgré les prévisions théoriques qui indiquaient ce résultat, on est surpris de voir le faisceau émergent du tube entièrement incolore, tandis que les parois du tube brillent des plus vives couleurs changeantes, avec l'azimut suivant lequel on regarde. En supprimant le polariseur, cette illumination prismatique, qui donne au tube les reflets de l'opale, disparaît instantanément. L'essence de térébenthine se comporte de la même manière, avec cette différence que la rotation *visible* du plan de polarisation s'opère de gauche à droite, et que l'illumination latérale, qui, dans ce cas, conduit à tracer sur le tube des hélices gauches, est compliquée d'une fluorescence sensible.

« Tel est le court résumé de mes recherches, qui sont loin d'être achevées. Je ne puis rien dire encore des milieux solides transparents, amorphes ou cristallisés, qui exigent une mise en œuvre spéciale : j'ai voulu, avant tout, exposer les premières conséquences d'une méthode d'observation que je me réserve de poursuivre. »

II. — NOTE DE M. LALLEMAND.

Étude des phénomènes qui accompagnent l'illumination d'un liquide non fluorescent [1].

« Le résumé de mes recherches sur l'illumination des liquides, que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie dans la séance du 19 juillet, renferme des conclusions qui pourraient sembler prématurées, si je n'insistais sur quelques détails dont je n'ai pas fait mention dans ma première Note. L'illumination latérale de l'eau pure dans le plan de polarisation, quand elle est traversée par un faisceau de rayons so-

[1] *Comptes rendus*, 26 juillet 1869, tome LXIX, p. 282

Digitized by Google

laires polarisés, son obscurité complète dans une direction normale à ce plan et la polarisation de la lumière émise transversalement m'ont conduit à envisager cette expérience comme une preuve de l'hypothèse de Fresnel sur la direction des vibrations dans un rayon polarisé, et en même temps comme une démonstration du lemme d'Huyghens. Une analyse plus complète du phénomène va justifier plus rigoureusement les déductions auxquelles je suis arrivé.

« Parmi les divers modes d'expérimentation qu'on peut employer, le suivant est très-simple et rendra plus concise l'interprétation des résultats de l'observation.

« Supposons qu'un liquide non fluorescent soit enfermé dans un ballon de verre sphérique, à paroi mince, et traversé suivant un diamètre horizontal par un filet de lumière solaire, polarisée elle-même horizontalement. On vise alors invariablement le centre du ballon au travers d'un tube noirci et suivant un diamètre quelconque. Le résultat de cette première épreuve, c'est qu'il y a lumière émise avec des intensités variables dans tous les sens, excepté *suivant la direction verticale*. Autour de cette direction, l'intensité de la lumière émise va croissant avec l'inclinaison, et devient maxima quand le tube a atteint une position horizontale. Ce maximum lui-même est variable avec l'azimut dans lequel le tube se trouve situé, et d'autant plus grand que l'angle de cet azimut avec le plan vertical passant par l'axe du filet lumineux est plus petit.

« En adaptant au tube mobile qui sert à la visée un Nicol analyseur, on constate que la lumière émise dans une direction quelconque est toujours *entièrement polarisée :* quel que soit l'azimut dans lequel le tube se trouve placé, l'extinction a invariablement lieu quand la section principale de l'analyseur est normale à cet azimut; c'est-à-dire que le plan de polarisation de la lumière émise est constamment perpendiculaire au plan azimutal qui contient les rayons émergents.

« Ces variations d'intensité et cette direction variable du

Digitized by Google

plan de polarisation de la lumière émise sont inconciliables avec l'hypothèse d'une réflexion particulaire, et s'expliquent au contraire très-simplement, si l'on admet que les vibrations éthérées du milieu réfringent sont normales au plan de polarisation de la lumière incidente et se propagent ensuite au sein de ce milieu dans toutes les directions. Une vibration verticale peut être, en effet, remplacée par deux vibrations composantes, l'une dirigée suivant l'axe de l'analyseur qui ne produit aucun effet lumineux, et l'autre perpendiculaire à cet axe. Cette dernière composante est celle qui engendre la lumière propagée dans la direction de l'analyseur.

« Considérons, en particulier, l'azimut normal au faisceau lumineux : il est évident que, dans cet azimut, l'intensité de la lumière émise variera comme le carré du cosinus de l'angle que fait le rayon émergent avec sa projection horizontale. Dans un autre vertical, faisant avec ce dernier un angle déterminé, l'intensité dépendra de la profondeur du faisceau lumineux suivant la direction du tube de visée, et, si le filet de lumière incident est cylindrique et très-délié, on peut admettre que cette intensité est proportionnelle à cette profondeur. Elle est représentée par le diamètre variable d'une ellipse dont les axes sont déterminés. On a encore tous les éléments nécessaires pour calculer l'intensité des rayons émis, et il est évident que l'explication du phénomène, au point de vue où je me suis placé, comporte une vérification photométrique. Je ne suis pas encore préparé pour des recherches aussi délicates. Néanmoins quelques tentatives imparfaites m'ont prouvé que les variations observées suivent très-sensiblement la loi indiquée par la théorie.

« L'expérience, telle que je viens de l'analyser, n'en conconserve pas moins sa valeur démonstrative, et j'ai la confiance qu'un mode d'expérimentation mieux approprié à des mesures photométriques viendra confirmer mes prévisions. »

Digitized by Google

IIIme NOTE DE M. LALLEMAND.

Sur l'illumination des corps transparents par la lumière polarisée [1].

« Le résumé de mes premières recherches, inséré dans les *Comptes rendus* des 19 et 26 juillet dernier, ne mentionne que les faits relatifs à l'illumination des liquides. Depuis lors, j'ai pu soumettre à l'épreuve quelques solides transparents, et les résultats de l'observation conduisent aux mêmes conclusions.

« Le mode d'expérimentation reste le même : le solide, taillé en cube ou en prisme droit, et poli sur toutes ses faces, est traversé dans une direction normale à deux faces parallèles par un faisceau polarisé horizontalement. En opérant d'abord sur divers échantillons de verre blanc, à base de soude ou de potasse, on reconnaît, en visant toujours normalement à l'axe du filet lumineux, qu'il y a un maximum d'illumination dans une direction horizontale ; la lumière émise est blanche, donne au spectroscope les principales raies du spectre solaire, et est entièrement polarisée dans un plan horizontal, si le verre sur lequel on opère n'a pas de fluorescence sensible. En visant au contraire dans une direction verticale, l'illumination est nulle. Mais, le plus souvent, le verre est un peu fluorescent, et, dans la direction verticale, présente une traînée lumineuse dont la teinte varie avec l'échantillon. Cette lumière colorée est d'ailleurs neutre au polariscope, et l'analyse prismatique n'y décèle aucune des raies du spectre solaire.

« Le cristal s'illumine avec beaucoup plus d'intensité que le verre, et possède en même temps une fluorescence très-énergique. Les variétés de cristal pesant dont on fait les prismes très-dispersifs sont remarquables sous ce rapport. Dans la direction normale au plan de polarisation, la lumière

[1] *Comptes rendus*, 25 octobre 1869, tome LXIX, p. 917.

Digitized by Google

fluorescente apparaît avec une belle teinte verte ou vert-jaunâtre, dont le spectre continu ne renferme pas les rayons lumineux extrêmes. Dans le plan de polarisation, l'illumination est très-vive, la traînée lumineuse est blanche, et, quand on l'éteint avec un analyseur, on voit apparaître la teinte verte caractéristique de la lumière fluorescente. On reconnaît du reste aisément que les rayons excitateurs de la fluorescence dans le cristal appartiennent à la partie la plus réfrangible du spectre solaire, et que les rayons rouges et orangés ne donnent aucun effet appréciable. Ce mode d'expérimentation me paraît éminemment propre à étudier le verre et le cristal au point de vue de leurs qualités optiques, car, indépendamment de l'illumination latérale et de la fluorescence, le faisceau lumineux accuse aussi tous les défauts d'homogénéité de la matière. Parmi les substances cristallisées sur lesquelles j'ai pu faire des observations, le spath fluor incolore et transparent se comporte comme le verre, avec cette différence que la traînée de lumière fluorescente est d'un beau violet. Le sel gemme et le spath d'Islande ne s'illuminent pas d'une manière sensible sur le trajet du faisceau lumineux. On sait pourtant, d'après les travaux de M. Edmond Becquerel, que ces substances sont phosphorescentes, et qu'elles donnent au phosphoroscope une lueur orangée. Mais c'est alors une illumination générale que la lumière excite dans toute la masse, et qui n'est pas plus vive sur le trajet des rayons qu'en tout autre point. Quant à l'illumination par propagation directe du mouvement vibratoire, elle n'est pas appréciable : il faut remarquer, en effet, que ces deux substances sont très-perméables à toutes sortes de radiations, et qu'il existe pour chaque corps transparent et pour chacune des radiations simples un coefficient d'illumination complémentaire du coefficient de transmission.

« C'est là, en effet, une conséquence de mes recherches, qu'il importe de signaler. Lorsqu'un milieu transparent n'a pas de fluorescence sensible, l'absorption partielle d'une ra-

Digitized by Google

diation simple par une épaisseur déterminée de ce milieu résulte de la propagation latérale du mouvement vibratoire qui lui correspond : on s'explique alors la fonction exponentielle par laquelle on représente la quantité de lumière transmise, et que les expériences de MM. Jamin et Masson ont justifiée. Lorsqu'une fluorescence énergique vient s'ajouter à l'illumination par propagation directe du mouvement lumineux, le phénomène de l'absorption se complique, et il est évident que, pour certaines radiations, la loi de l'absorption, telle qu'on la formule, devient inexacte et n'a plus qu'une valeur approximative. Il ne faut donc pas s'étonner que le sel gemme et le spath d'Islande aient un coefficient d'illumination extrêmement faible. Il en est de même pour le cristal de roche.

« Lorsque le faisceau lumineux traverse cette substance perpendiculairement à l'axe, sa trace est invisible dans l'intérieur du cristal, et lorsqu'elle apparaît, ce n'est que pour trahir un défaut d'homogénéité, des failles cristallines sur lesquelles s'opère une réflexion spéculaire. C'est ce qu'on observe particulièrement dans le quartz enfumé, en apparence le plus homogène, où il m'a été impossible, à cause de cette circonstance, de reconnaître une illumination bien prononcée. Lorsque le filet lumineux traverse un prisme de quartz hyalin suivant son axe optique, la rotation du plan de polarisation, variable pour chaque couleur simple, devrait développer, sur une très-faible épaisseur, cette coloration prismatique latérale qu'offre un tube rempli d'eau sucrée. On n'observe pourtant rien de semblable. Le quartz est la substance transparente par excellence : et en même temps que son coefficient d'illumination est extrêmement faible, sa fluorescence est nulle.

« Mais s'il est impossible de manifester directement sur le quartz, par le fait de l'illumination, la rotation du plan de polarisation, on y réussit aisément en l'associant à une substance non fluorescente et dont le coefficient d'illumination

Digitized by Google

soit très-élevé. Le collodion non ioduré, incolore et bien transparent, est précieux pour cette expérience. Lorsqu'une auge cylindrique remplie de ce liquide est vivement illuminée par un filet de lumière solaire polarisée horizontalement, et que, dans une direction verticale, il est obscur, il suffit d'interposer sur le trajet du rayon une lame de quartz perpendiculaire à l'axe, pour voir apparaître aussitôt la lumière dans cette direction. Si la lumière incidente est homogène, la bande horizontale qui présente le maximum d'illumination se déplace de haut en bas ou de bas en haut, suivant que le quartz est droit ou gauche. Le déplacement angulaire est d'ailleurs égal à la rotation qu'il faudrait imprimer à un analyseur biréfringent placé sur le trajet du faisceau pour éteindre l'une des deux images. Avec la lumière blanche et un quartz qui donnerait à l'image éteinte de l'analyseur la teinte rouge, on voit dans la direction verticale apparaître une illumination de même nuance, tandis que dans la direction horizontale l'illumination blanche est remplacée par une bande colorée de la teinte verte complémentaire. Entre ces positions extrêmes, le cylindre de collodion offre toutes les teintes intermédiaires, indiquant par leur ordre de succession le sens de la rotation.

« En disposant sur le trajet du faisceau émergent un Nicol analyseur, suivi d'un prisme à réflexion totale, on peut comparer simultanément la teinte de l'image que donne l'analyseur dont la section principale a été déviée d'un certain angle et celle que présente le collodion dans le méridien correspondant ; on reconnaît alors que, dans tous les cas, ces deux teintes sont identiques. C'est la confirmation la plus rigoureuse des conclusions théoriques que j'ai formulées dans ma Note du 26 juillet. Si, en effet, l'intensité de la lumière émise normalement au faisceau varie proportionnellement au carré du cosinus de l'angle que fait la ligne de visée avec le plan de polarisation du rayon incident, les formules de Biot, qui servent à calculer, d'après la règle de Newton, la

Digitized by Google

comparaison des teintes de l'une des deux images de l'analyseur biréfringent, s'appliquent rigoureusement à la détermination des nuances successives que présente le collodion illuminé entre deux méridiens rectangulaires. Une petite auge cylindrique, contenant un liquide non fluorescent, ou bien un cylindre de flint-glass, fonctionnent dès lors comme un véritable analyseur, et peuvent, comme lui, mettre en évidence le pouvoir rotatoire du cristal de roche ou de toute autre substance douée de la même propriété. J'ai du reste exécuté déjà quelques vérifications photométriques, qui démontrent la loi du cosinus que je viens de rappeler, en même temps qu'elles justifient de la manière la plus directe l'hypothèse de Fresnel sur la direction du mouvement vibratoire de l'éther dans un rayon polarisé. »

Dans les recherches que j'ai faites, soit avant, soit après la publication de ces Notes, j'ai eu l'occasion de vérifier une grande partie des expériences qui y sont décrites. Je suis constamment parvenu aux mêmes résultats : ainsi je ne conteste point les faits d'observation. Mais je cesse d'être d'accord avec M. Lallemand, en ce qui concerne l'explication théorique de ces faits ; je crois toujours que la cause générale et prépondérante des phénomènes d'illumination réside dans la présence des particules hétérogènes répandues dans le milieu transparent.

Avant d'exposer les raisons sur lesquelles j'appuie cette opinion, j'indiquerai quelques objections que me paraît soulever l'idée d'une propagation du mouvement vibratoire de l'éther dans toutes les directions.

En premier lieu, cette idée semble contraire à la manière dont on explique, dans la théorie des ondulations,

Digitized by Google

le fait que *la lumière se propage en ligne droite* dans un milieu homogène. Dans toutes les directions qui s'écartent sensiblement de celle du rayon, il doit y avoir annulation par interférence des vibrations de l'éther, quelle que soit la densité de ce dernier.

De plus, même en admettant que le principe ne fût pas rigoureusement exact, et qu'une quantité sensible de lumière fût renvoyée latéralement dans les milieux où l'éther est plus condensé, il semble que l'intensité de l'illumination devrait croître régulièrement avec la densité de l'éther, c'est-à-dire, à mesure que l'on opère sur des corps de plus en plus réfringents. Or l'eau, dont l'indice de réfraction est 1,33, a, suivant M. Lallemand, un coefficient d'illumination faible, mais cependant notable; ce coefficient est plus ou moins sensible pour le crown-glass dont l'indice est 1,52 environ; il devient nul pour le sel gemme et le quartz dont l'indice est 1,54; il est très-considérable pour le flint-glass, dont l'indice a une valeur de 1,57 et au-dessus.

Dans sa troisième Note, il est vrai, M. Lallemand cherche à expliquer le fait que le quartz ou le sel gemme ne s'illuminent pas d'une manière sensible, en admettant que *le coefficient d'illumination est complémentaire du coefficient de transmission*, et que *l'absorption partielle d'une radiation simple par une épaisseur déterminée d'un milieu, résulte de la propagation latérale du mouvement vibratoire qui lui correspond.* Mais alors ce n'est plus la densité de l'éther, mais bien la nature du corps, d'où dépend cette propagation latérale. Les corps qui s'illuminent jouiraient ainsi d'une propriété spéciale : les radiations absorbées n'y produiraient pas une élévation de température comme c'est habituellement le cas; mais elles

Digitized by Google

seraient immédiatement réémises sous la forme de rayons visibles. Cette propriété se rapprocherait beaucoup de la fluorescence : elle en différerait seulement par le fait qu'il n'y aurait pas de changement, ou au moins pas de changement notable de réfrangibilité, et par des caractères de polarisation n'existant pas dans la lumière émise par les corps fluorescents ordinaires. — On verra toutefois, plus bas, que M. Lallemand ne renonce pas à admettre une influence directe de la densité de l'éther.

Je désire encore faire ici une réserve : comme l'auteur des Notes reproduites plus haut, j'ai trouvé qu'en opérant sur les corps fluorescents tels que le verre d'urane et différents autres verres, la lumière émise transversalement n'est pas polarisée; mais je ne suis pas certain que l'inverse soit toujours vraie, et que de l'absence de polarisation on puisse légitimement conclure à la fluorescence du milieu transparent.

EXPÉRIENCES.

Je vais maintenant rapporter les expériences que j'ai faites sur ce sujet, et qui me paraissent montrer que l'illumination des corps transparents doit être attribuée à la présence de corpuscules répandus dans le milieu.

I. — Dans cette hypothèse, il est évident que plus un liquide non fluorescent sera dépouillé de particules hétérogènes, moins son pouvoir d'illumination sera considérable, et que si l'on parvient à une élimination complète des particules, un faisceau lumineux ne produira plus de trace visible latéralement.

J'ai fait en ce sens de nombreux essais sur l'eau; et j'ai constamment trouvé que lorsque ce liquide s'illumine,

Digitized by Google

il contient manifestement des particules en suspension. Pour les voir, il suffit, en opérant dans une chambre obscure, de faire tomber un faisceau de lumière oxyhydrique, ou mieux de lumière solaire, sur le liquide placé dans un ballon ou un flacon de verre ; en donnant à l'eau un léger mouvement giratoire, et en observant à la loupe la trace lumineuse, on voit passer dans le faisceau des particules plus ou moins ténues près de sa sortie du flacon.

Plus ces corpuscules sont rares et difficilement visibles, moins l'éclat de la trace lumineuse est apparent.

L'eau fraîchement distillée, *ordinaire*, c'est-à-dire distillée par *ébullition*, contient des particules nombreuses et relativement assez grossières; elle est même souvent inférieure, sous ce rapport, à l'eau du lac de Genève que l'on a laissé reposer quelques jours après l'avoir recueillie avec soin.

J'ai cherché à obtenir de l'eau plus claire par divers procédés; voici ceux qui m'ont donné les meilleurs résultats.

a) On a commencé par distiller, dans un appareil en verre ou en platine, de l'eau à laquelle on avait ajouté un peu de permanganate de potasse pour détruire toutes les matières organiques. Le liquide ainsi obtenu, que j'appellerai *eau de première distillation*, a été soumis à une seconde distillation dans un alambic en verre, chauffé au bain-marie, en sorte qu'il n'entrait pas en ébullition, mais que la distillation s'effectuait lentement par *évaporation superficielle*; le liquide recueilli était notablement plus clair que l'eau de première distillation. Une troisième distillation au bain-marie a donné une eau que j'appellerai l'eau *a*, dans laquelle la trace lumineuse est faible : en l'observant à la loupe, on y distingue encore un grand nombre de particules très-ténues.

Digitized by Google

Il est inutile de dire que ces manipulations doivent être faites avec une grande propreté, et en évitant le plus possible la poussière.

b) On a distillé, par évaporation superficielle, de l'eau ordinaire à laquelle on avait ajouté un peu de permanganate de potasse, dans un alambic en platine chauffé au bain-marie. L'eau *b* recueillie, comparée à l'eau *a* donne une trace lumineuse plutôt un peu plus faible; elle contient des particules un peu plus grosses, mais plus rares [1].

c) On a pris de l'eau de première distillation, et on l'a soumise à trois nouvelles distillations consécutives par évaporation superficielle, dans un alambic muni d'un chapiteau en cuivre étamé. Ce chapiteau, dont la forme permet de recueillir tout le liquide qui s'y condense, est disposé de manière à pouvoir être refroidi par un courant d'eau, ce qui accélère beaucoup la distillation. L'eau obtenue, examinée immédiatement après l'opération donnait une trace lumineuse plus visible que celle de l'eau *a*: elle contenait des particules plus grosses, scintillantes et irrisées. Mais plusieurs semaines de repos l'ont beaucoup améliorée: elle ne contient plus que de petites particules un peu scintillantes et difficiles à distinguer; son pouvoir d'illumination est notablement plus faible que celui de l'eau *a*.

d) De l'eau de première distillation a été placée dans un alambic en verre, relié par un raccord hermétique

[1] La forme du chapiteau de l'alambic en platine que j'avais à ma disposition se prêtait très-mal à la distillation par évaporation superficielle; l'eau condensée retombait presque entièrement dans la chaudière. L'opération était d'une extrême lenteur, et l'appareil n'étant pas hermétiquement fermé, il était à craindre qu'il ne s'y introduisit de la poussière; j'ai donc renoncé à faire plusieurs distillations successives.

Digitized by Google

à un ballon en verre servant de condenseur [1]. On a opéré la distillation par évaporation, en portant l'alambic à une température de 40 à 50° seulement, le ballon étant entouré de glace. Le chapiteau de l'alambic, refroidi au moyen d'eau et de glace contenues dans des sacs en caoutchouc, ne se réchauffe que très-peu au-dessus de la température ambiante. On évite ainsi l'action que l'eau, au moment de sa condensation, exercerait sur le verre si elle était à une température élevée. — La distillation s'effectue très-lentement; il faut plusieurs jours pour obtenir une quantité d'eau suffisante. Immédiatement après sa préparation, le liquide recueilli avait remarquablement peu de pouvoir d'illumination; au bout de quelques jours il a paru se gâter un peu, peut-être parce que le ballon n'était pas bouché à l'émeri. La trace lumineuse est devenue à peu près aussi visible que celle de l'eau *c*; on y distingue des particules un peu scintillantes, plus grosses que dans l'eau *c*, mais plus rares.

e) On peut aussi obtenir d'assez bons résultats par filtration au travers de substances à pores très-fins. Les filtres en papier ne conviennent pas sous ce rapport. Avec de l'amiante assez tassée pour que la filtration ne s'effectue que lorsqu'on fait le vide au-dessous de l'entonnoir, on obtient de l'eau très-claire; cependant elle contient toujours des particules très-scintillantes, qui sont probablement de petits fragments d'amiante. — J'ai obtenu de meilleurs résultats avec un filtre en terre poreuse. A cet effet, un petit diaphragme de pile voltaïque a été adapté comme un bouchon au col d'un flacon en verre; un peu

[1] L'appareil avait été construit de manière que l'on pût y faire le vide pour hâter la distillation ; mais j'ai renoncé à ce procédé, car il est très-difficile d'éviter que la rentrée d'air, soit s'il y a des fuites, soit à la fin de l'expérience, n'amène pas des poussières dans le ballon.

Digitized by Google

de mastic rendait le joint hermétique et suffisamment solide. Le flacon portait une seconde tubulure latérale près du fond, par laquelle on introduisait l'eau de première distillation, en tenant le flacon renversé, de manière à le remplir presque complétement. On reliait ensuite la tubulure latérale avec une pompe foulante, puis on comprimait de l'air dans le flacon, de manière à exercer sur l'eau une pression de près d'une atmosphère; la filtration s'effectuait alors lentement. — Le liquide recueilli s'illumine à peu près au même degré que les eaux *a* et *b*. En l'examinant à la loupe, on y voit nager des particules moins fines que celles de l'eau *a* et un peu scintillantes.

f) Un repos prolongé suffit dans certains cas à rendre l'eau beaucoup plus claire. Nous avons déjà vu plus haut que l'eau *c* s'était ainsi beaucoup améliorée. Il en est de même de l'eau du lac de Genève. Ainsi divers flacons ont été directement remplis de cette eau, soit près de Genève, soit devant Évian ou Clarens; le liquide, comparé au bout de peu de jours à l'eau *a*, présentait une infériorité notable; la trace lumineuse y était beaucoup plus marquée, et l'on distinguait de nombreuses particules inégales et facilement visibles. Mais après un repos de plusieurs mois, l'eau du lac s'est considérablement améliorée; elle est devenue très-supérieure à l'eau *a* conservée de la même manière; elle est cependant inférieure à l'eau *c*, dont les particules, quoique un peu plus facilement visibles, sont en moins grand nombre.

Au contraire les eaux *a*, *b*, *e* ne paraissent pas s'être modifiées par le repos.

Il en est à peu près de même pour de l'eau que j'avais obtenue par la fusion de neige fraîchement tombée (28 octobre 1869). Quoique la neige fût très-propre, le li-

Digitized by Google

quide recueilli était d'abord assez trouble ; la trace d'un faisceau lumineux y était très-visible et n'était que partiellement polarisée. Un repos de quelques jours a bien rendu l'eau relativement plus limpide, les phénomènes de polarisation sont devenus complets, mais la clarification a bientôt cessé de progresser. Après trois mois de repos, cette eau a encore un grand pouvoir d'illumination, et il est facile d'y distinguer une multitude de petites particules.

Il est évident que ces différences proviennent de la nature et de la densité des corpuscules en suspension qui influe beaucoup sur la facilité avec laquelle ils se déposent.

J'ajouterai ici, que, dans tous les essais qui ont été mentionnés, l'eau a été examinée dans le vase même où elle avait été recueillie. Le seul fait de transvaser le liquide suffit généralement pour en modifier l'état et pour y introduire des particules ou des poussières.

L'ensemble des expériences rapportées jusqu'ici me paraît prouver : d'une part, qu'il y a une relation incontestable entre le degré auquel l'eau est susceptible de s'illuminer et la quantité de corpuscules qu'elle tient en suspension, et, d'autre part, qu'il est extrêmement difficile d'arriver à purifier entièrement un liquide de manière à lui enlever toutes les particules hétérogènes qu'il peut contenir.

II. — Inversement l'expérience montre que, lorsqu'on augmente beaucoup le nombre des particules en suspension, pourvu qu'elles soient suffisamment ténues, on augmente considérablement le pouvoir d'illumination de l'eau sans modifier les phénomènes de polarisation.

Ainsi, en prenant de l'eau *a* et en la maintenant pen-

Digitized by Google

dant plusieurs jours à une température voisine de 100 degrés dans un vase en verre (un alambic, par exemple), on obtient après le refroidissement un liquide qui paraît très-limpide à la lumière diffuse du jour. Mais, lorsqu'en opérant dans la chambre obscure, on y fait passer un faisceau lumineux, et qu'on l'examine à la loupe, on y distingue une multitude de particules à peu près de la dimension de celles que contient l'eau *a*, mais beaucoup plus serrées et nombreuses [1]. En même temps, la trace lumineuse a pris un éclat remarquable et incomparablement plus grand que celui de l'eau ordinaire.

Or avec ce liquide, chez lequel il serait difficile de contester que la cause principale de l'illumination soit due à la présence de corpuscules en suspension, on observe tous les phénomènes de polarisation décrits par M. Tyndall et M. Lallemand.

Voici entre autres une expérience assez frappante. On fait passer dans un ballon rempli de cette eau un faisceau lumineux horizontal et polarisé par son passage au travers d'un prisme de Nicol. En regardant la trace à l'œil nu dans une direction horizontale et perpendiculaire au faisceau, et en faisant tourner le Nicol polariseur, on voit, à chaque quart de révolution, apparaître et disparaître la trace conformément à l'expérience de M. Tyndall. Mais si au lieu de regarder à l'œil nu on regarde à travers un second Nicol tourné de manière que la section de ses petites diagonales soit horizontale, la trace n'est jamais visible, quelque position que l'on donne au premier Nicol, ce qui s'accorde tout à fait avec les résultats de M. Lallemand.

De même le faisceau de lumière incident étant toujours

[1] La présence de ces particules doit sans doute être attribuée à l'action connue de l'eau sur le verre.

Digitized by Google

polarisé, par exemple dans un plan horizontal, on reconnaît que, quelle que soit la direction dans laquelle on regarde la trace, la lumière émise est polarisée dans un plan comprenant le rayon visuel et les lignes droites horizontales perpendiculaires au rayon visuel, en d'autres termes dans un plan normal à l'azimut.

Le pouvoir d'illumination de ce liquide est assez considérable pour permettre de faire facilement les expériences suivantes :

On fait arriver un filet de lumière solaire sur un prisme ; puis on place le ballon contenant l'eau sur le passage du faisceau de rayons divergents et diversement colorés qui sortent du prisme : la trace lumineuse présente alors toutes les nuances du spectre juxtaposées. On reconnaît que la lumière émise ainsi est encore polarisée, quelle que soit sa réfrangibilité.

Si dans ces conditions on regarde la trace, le rayon visuel étant dirigé parallèlement aux arêtes du prisme, on distingue toutes les couleurs du spectre, comme nous venons de le dire ; mais si le rayon visuel est dirigé perpendiculairement aux arêtes du prisme, alors les différentes couleurs se superposent et la trace paraît blanche. Cette expérience, que l'on peut du reste répéter avec de l'eau contenant des particules quelconques en suspension, donne une démonstration nouvelle et assez élégante de la recomposition de la lumière blanche.

Les résultats auxquels je suis arrivé avec cette eau chargée de particules en suspension par un procédé particulier, s'obtiennent facilement en introduisant dans le liquide d'autres corpuscules.

Si l'on prend de l'eau suffisamment claire, et qu'on y

Digitized by Google

produise un précipité très-léger, à l'aide de réactifs convenables, on reconnaît que le pouvoir d'illumination augmente considérablement et que la lumière émise transversalement présente les mêmes caractères de polarisation, *pourvu que les particules en suspension soient suffisamment ténues, et qu'elles ne soient pas trop abondantes.* C'est ce que j'ai observé dans un très-grand nombre de cas : par exemple, en versant dans de l'eau ordinaire (eau du lac de Genève) quelques gouttes d'acétate de plomb, d'azotate d'argent, d'encre de Chine délayée, etc., etc.

Il se produit souvent dans ces conditions des phénomènes de coloration remarquables, dont je me réserve de poursuivre l'étude.

Je ne rapporterai pas ici toutes les expériences que j'ai faites jusqu'ici, je me bornerai à en donner une idée, en prenant pour exemple les précipités obtenus avec l'azotate d'argent.

On remplit un ballon d'eau du lac de Genève reposée, dont le pouvoir d'illumination est très-faible ; puis avec une tige de verre on y introduit une goutte d'une dissolution étendue d'azotate d'argent. L'eau contenant quelques traces de chlorures, il se forme un précipité, invisible à la lumière diffuse, mais qui, dans la chambre obscure, se manifeste par une augmentation notable dans l'éclat de la trace produite sur le passage d'un faisceau de lumière solaire ou oxyhydrique. Les phénomènes de polarisation sont complets et semblables, à tous égards, à ceux qui ont été rappelés plus haut.

On ajoute une seconde goutte d'azotate d'argent : le pouvoir d'illumination augmente, la trace paraît bleuâtre ; sa polarisation est encore complète.

On ajoute encore de l'azotate d'argent : l'eau devient

Digitized by Google

légèrement louche à la lumière diffuse. Dans la chambre obscure, la trace d'un faisceau de rayons solaires non polarisés devient beaucoup plus visible; elle est colorée en bleu clair. Observée à angle droit avec un prisme de Nicol, on reconnaît que la polarisation n'est plus complète : quand l'analyseur est tourné dans la position de plus grande extinction, la trace est encore visible et elle est alors d'un beau bleu foncé, dont la teinte se rapproche de l'indigo du spectre.—Si l'on polarise le faisceau incident dans un plan horizontal, en regardant à l'œil nu dans une direction horizontale perpendiculaire au faisceau, la trace est très-visible et bleu clair; si, sans changer la position de l'œil, on tourne de 90° le Nicol polariseur de manière que le plan de polarisation de la lumière incidente devienne vertical, l'extinction n'est pas complète, la trace restée visible est d'un beau bleu foncé; examiné avec un second Nicol, on reconnaît, particulièrement quand le précipité est un peu abondant, que le résidu se compose de rayons bleus polarisés dans un plan perpendiculaire au faisceau et d'une petite quantité de lumière jaunâtre non polarisée provenant probablement de réflexions multiples.

En augmentant encore la quantité du précipité, les phénomènes de polarisation s'altèrent de plus en plus, la trace lumineuse, d'un blanc bleuâtre à l'entrée du faisceau, se colore de plus en plus en jaune orangé à mesure qu'elle a traversé une plus grande épaisseur de liquide [1].

Si, après avoir obtenu un très-faible précipité de chlorure d'argent dans l'eau, on expose pendant quelque

[1] On remarquera l'analogie que présente l'ensemble des observations précédentes avec celles que M. Tyndall a faites sur les gaz contenant des substances à l'état de nuage. Voyez *Archives*, 1869, tome XXXIV, p. 162.

Digitized by Google

temps le ballon à la lumière solaire, la nature du précipité se modifie complétement : le liquide perd sa légère teinte bleuâtre, il prend une couleur lie de vin, et devient moins transparent ; en même temps la trace lumineuse n'est presque plus polarisée.

En opérant avec du quartz, j'ai observé, comme M. Lallemand, qu'un faisceau lumineux ne produit pas d'illumination lors de son passage à travers certains échantillons parfaitement purs. Cependant, en opérant sur un échantillon, qui paraît très-limpide à la lumière diffuse, mais qui présente de nombreux petits défauts de cristallisation, j'ai obtenu une trace bien visible en y faisant passer un faisceau lumineux dans la chambre obscure. Or cette trace, dont l'origine réside incontestablement dans un défaut d'homogénéité de la masse transparente, présente les phénomènes de polarisation déjà si souvent mentionnés [1].

La conséquence de ces faits me paraît être qu'il faut bien renoncer à considérer les phénomènes d'illumination comme inconciliables avec l'hypothèse qui les attribue à des particules très-ténues répandues dans le corps transparent.

ESSAI DE THÉORIE.

Je ne crois pas du reste qu'il soit impossible d'arriver dans cette hypothèse à l'explication des faits observés. Je vais exposer quelques idées sur ce sujet, sans me dissimuler toutes les lacunes et les points obscurs que présente cet essai de théorie.

[1] La forme de cet échantillon n'est pas aussi favorable à l'observation qu'on pourrait le désirer. J'espère pouvoir l'étudier plus tard d'une manière plus complète.

Digitized by Google

I. — Une première hypothèse consisterait à admettre que le mouvement vibratoire de l'éther se communique à ces particules très-petites qui se trouvent sur le passage du faisceau lumineux, à peu près de la même manière que les vibrations sonores de l'air se communiquent à d'autres corps, tels que des cordes ou des membranes. — Les corpuscules deviendraient ainsi des centres d'ébranlement envoyant dans toutes les directions des vibrations de même nature que celles qui forment le faisceau lumineux ; en particulier si celui-ci est polarisé, les ondes émises par les particules seraient formées de vibrations rectilignes, parallèles aux vibrations incidentes. L'explication du phénomène serait ainsi la même que celle donnée par M. Lallemand, sauf en ce qui concerne l'origine même de ces ondes.

Je me borne à indiquer cette première hypothèse : elle n'est appuyée jusqu'ici par aucune preuve expérimentale, ni même par aucune analogie avec d'autres phénomènes lumineux ; il est donc inutile de chercher à la discuter maintenant.

II. — Une seconde explication consisterait à admettre qu'il se produit un phénomène de diffraction analogue à celui des réseaux. Divisons, par la pensée, le milieu diaphane en tranches perpendiculaires au faisceau lumineux; dans chacune de ces tranches se trouvent des particules qui doivent agir comme une poussière très-fine, déposée sur une lame transparente : c'est-à-dire qu'une partie de la lumière cesse de se propager en ligne droite, et se dissémine dans des directions diverses. Les vibrations produisant cette lumière disséminée conservent la forme et la direction des vibrations du faisceau éclairant : par conséquent, si celui-ci est polarisé, la lumière disséminée

Digitized by Google

sera composée de vibrations rectilignes et parallèles à celles du faisceau.

Je suis disposé à croire que cette diffraction s'effectue réellement et contribue à la production des phénomènes observés, particulièrement dans les directions qui s'écartent peu de la direction même du faisceau éclairant. Mais en tout cas, les particules en question doivent aussi réfléchir de la lumière, et cet effet me paraît devoir prédominer sur celui qui vient d'être indiqué.

III.— Occupons-nous donc de la lumière réfléchie. Soit un corps *abcd* (fig. 1) exposé à un faisceau de rayons pa-

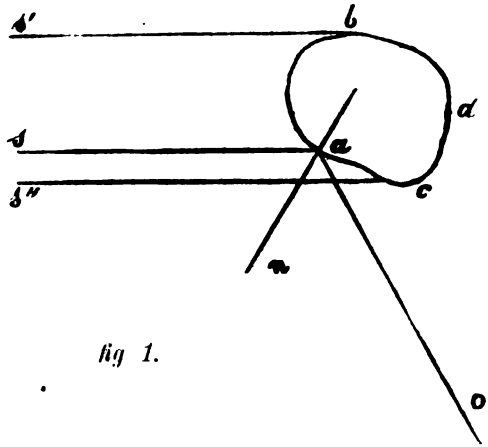


fig 1.

rallèles *s'b, sa, s''c.* — Supposons l'œil de l'observateur placé dans une position quelconque *o,* et regardant le corps *abcd.*

Pour abréger, appelons ***angle de vision*** l'angle *oas,* formé par le rayon visuel et le faisceau incident. Appelons ***plan de vision*** le plan *oas* comprenant le faisceau éclairant et le rayon visuel.

Si le corps *abcd* a des dimensions considérables

Digitized by Google

comparativement aux longueurs d'ondulation de la lumière, d'après les lois ordinaires de la réflexion, l'œil, dans la position *o*, ne recevra que les rayons réfléchis par un point *a* tel que la normale *an* à la surface du corps en ce point soit située dans le plan de vision et que l'angle d'incidence *san* soit égal à l'angle de réflexion *nao*. Généralement, la lumière réfléchie sera partiellement polarisée, et si l'œil est dans une positon *o*, telle que l'angle de vision soit le double de l'angle de polarisation, le rayon *ao* sera totalement polarisé, le plan de polarisation coïncidant avec le plan de vision.

Mais on sait que si les surfaces réfléchissantes ne sont pas très-grandes, comparativement aux longueurs d'ondulation de la lumière, les lois ordinaires de la réflexion ne sont plus applicables, et que chaque point de la surface réfléchissante peut alors être considéré comme un centre d'ébranlement, à partir duquel se propagent réellement les ondes; ou, en d'autres termes, qu'il n'y a plus annulation par interférence du mouvement de l'éther, dans toutes les directions autres que celle suivie par le rayon réfléchi dans le cas ordinaire de la réflexion : c'est ce qui résulte des raisonnements et des expériences de Fresnel. — Si donc le corps *abcd* est très-petit et de dimensions comparables aux longueurs d'ondulation, l'œil recevra des rayons réfléchis plus ou moins intenses, partant de tous les points de la *surface éclairée* du corps. Ainsi, par exemple, l'angle de vision étant double de l'angle de polarisation, l'œil ne reçoit plus seulement de la lumière, totalement polarisée dans le plan de vision, réfléchie par le point *a*, mais aussi de la lumière non polarisée ou seulement partiellement polarisée, émise par les autres points de la surface qu'éclaire le faisceau inci-

Digitized by Google

dent. Il n'y a donc plus de raison pour que le maximum de polarisation se manifeste lorsque l'angle de vision est le double de l'angle de polarisation.

Il est clair que ce raisonnement s'applique à tous les corpuscules qui sont éclairés par le faisceau lumineux: ainsi se trouve écartée une première difficulté.

IV. — Supposons maintenant que le faisceau lumineux *sa, s'c* (fig. 2) soit polarisé dans un plan horizontal per-

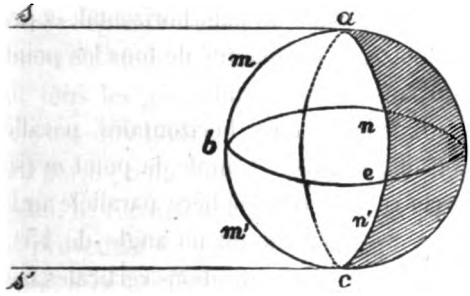


fig. 2.

pendiculaire au plan de la figure; il éclaire des particules très-petites que nous supposerons d'abord sphériques. Examinons ce qui se passe pour une de ces particules *abcd*. Le plan de polarisation étant horizontal, nous admettrons que les vibrations incidentes de l'éther sont rectilignes et verticales, par conséquent parallèles au plan de la figure. Ces vibrations seront réfléchies par chaque point de la surface éclairée de la sphère, et comme les dimensions de cette sphère sont très-petites, chaque point deviendra un centre d'ébranlement ou d'ondes. Les vibrations réfléchies, formant le système d'ondes partant de l'un des points de la surface sphérique, seront rectilignes et leur direction sera donnée par les lois de la réflexion de la lumière polarisée [1].

[1] On voit que je suppose que la *direction des vibrations réfléchies*

Digitized by Google

Chaque vibration réfléchie peut être considérée comme résultant de trois vibrations composantes, l'une verticale, la seconde horizontale et parallèle au faisceau lumineux, la troisième horizontale et perpendiculaire au faisceau.

Supposons l'œil placé dans le plan horizontal passant par le centre de la sphère. On ne voit aucune raison pour que les composantes verticales des différentes ondes réfléchies ne parviennent pas à l'œil, qui reçoit ainsi, de ce chef, de la lumière polarisée dans un plan horizontal, et provenant en plus ou moins grande quantité de tous les points éclairés des corpuscules réfléchissants.

Passons aux composantes horizontales parallèles au faisceau. Considérons, par exemple, le point *m* (situé sur le grand cercle vertical de la sphère parallèle au faisceau, la normale, en ce point, faisant un angle de 45° avec la direction du faisceau). Les vibrations verticales incidentes donnent lieu en ce point à des ondes réfléchies formées entièrement de vibrations horizontales et parallalèles au faisceau (c'est-à-dire que les autres composantes sont nulles pour ce point). Ces vibrations se propagent dans toutes les directions, et par conséquent dans la direction de l'œil placé dans le plan horizontal passant par le centre de la sphère. Mais, d'autre part, le point *m'*, symétrique du point *m*, donne également lieu à des ondes d'égale intensité, formées de vibrations horizontales, parallèles au faisceau; seulement il y aura une différence de phase d'une demi-longueur d'ondulation entre les ondes

dans ces conditions est la même que celle admise par Fresnel dans le cas de la réflexion sur de grandes surfaces. C'est la une hypothèse dont on pourrait contester la rigueur pour certains cas; mais je crois que lors même qu'on devrait la modifier, cela ne changerait rien à la plus grande partie des considérations qui vont être exposées.

Digitized by Google

provenant du point m et celles qui proviennent du point m'. En effet, l'onde incidente, formée de vibrations verticales, atteint, dans la même phase, les points m et m'; donc, si les molécules d'éther, dans la vibration incidente, s'approchent de la surface réfléchissante en m, elles s'éloignent en même temps de cette surface en m'; par suite le mouvement sera de droite à gauche dans la vibration réfléchie par le point m, tandis qu'il sera de gauche à droite dans la vibration réfléchie par le point m'. Les ondes réfléchies seront donc en discordance de phase et s'annuleront sur tous les points situés à égale distance de m et de m', c'est-à-dire pour tous les points du plan horizontal passant par le centre de la sphère. Ainsi l'œil, placé dans ce plan, ne recevra aucun effet de ces vibrations horizontales provenant de m et de m'. Pour d'autres points symétriques, il en sera de même (sauf que ce ne sera pas à la totalité de la vibration réfléchie, mais seulement à la composante horizontale parallèle au faisceau que s'appliquera ce raisonnement). En somme, les composantes horizontales parallèles au faisceau provenant de la partie éclairée de la sphère située au-dessus du plan de vision, s'annuleront par interférence avec les mêmes composantes provenant de la partie de la sphère située au-dessous du plan de vision.

Quant aux troisièmes composantes, horizontales et perpendiculaires au faisceau lumineux, il en est de même que pour les secondes composantes : elles s'annuleront par interférence. Ainsi l'effet produit par le point n sera annulé par celui du point symétrique n', pour l'œil placé dans le plan horizontal passant par le centre de la sphère.

En résumé, l'œil, dans la position indiquée, ne reçoit

Digitized by Google

que de la lumière formée par les premières composantes, c'est-à-dire composée de vibrations verticales : en d'autres termes, la lumière est polarisée dans un plan horizontal.

Il est facile de comprendre que si les corpuscules sphériques sont suffisamment petits, cette annulation par interférence se produira même en dehors du plan horizontal passant par le centre de la sphère, pourvu que l'on ne s'en éloigne pas trop. Ainsi, lorsque le plan de vision coïncide avec le plan de polarisation du faisceau lumineux (que je suppose mince), tous les corpuscules éclairés n'enverront à l'œil que de la lumière composée de vibrations verticales. — C'est ce qui est confirmé par l'expérience.

V. — Supposant toujours les corpuscules sphériques, examinons ce qui se passe quand le faisceau lumineux horizontal est polarisé dans un plan vertical, c'est-à-dire lorsque les vibrations de la lumière incidente sont horizontales.

Les premières composantes, verticales, de la lumière réfléchie s'annuleront par interférence, pour l'œil placé dans le plan horizontal passant par le centre de la sphère; en effet, prenons deux points symétriques n et n'; les vibrations incidentes horizontales donneront lieu à des vibrations réfléchies verticales (ou au moins à des composantes verticales); mais l'inclinaison de la surface réfléchissante, par rapport aux vibrations horizontales, étant en sens contraire pour les points n et n', le mouvement réfléchi doit aussi avoir lieu en sens contraire.

Les secondes composantes horizontales et parallèles au faisceau pourront parvenir à l'œil ; il n'y a aucune raison pour qu'elles interfèrent. Seulement l'intensité de la lumière due à ces composantes doit être très-faible, comme nous le verrons plus bas.

Digitized by Google

Les troisièmes composantes horizontales perpendiculaires au faisceau ne s'annuleront pas non plus.

Ainsi l'œil, placé dans le plan horizontal passant par le centre de la sphère, recevra de la lumière des deuxièmes et troisièmes composantes. Si l'angle de vision est de 90°, les troisièmes composantes ne produiront aucun effet sur l'œil, puisqu'elles agissent longitudinalement. Donc l'œil, dans cette position, ne recevra d'impression que des composantes horizontales parallèles au faisceau qui, comme nous l'avons déjà dit, sont très-faibles, le plus souvent insensibles.

On tire facilement de là l'explication de l'expérience que M. Stokes avait suggérée à M. Tyndall [1].

Si l'angle de vision est plus grand ou plus petit que 90°, l'œil recevra l'effet combiné des deuxièmes et troisièmes composantes dont les dernières prédominent de beaucoup. Mais la direction des vibrations résultantes sera toujours parallèle au plan horizontal passant par le faisceau incident. — Ce résultat est encore complétement conforme à l'expérience.

VI. — Si le faisceau éclairant est polarisé dans un plan quelconque, on trouvera ce qui se passe en décomposant les vibrations incidentes en composantes verticales et horizontales. Ainsi, par exemple, si l'angle de vision est de 90°, on trouvera que les composantes incidentes verticales donneront lieu à des composantes réfléchies verticales également, tandis que les composantes incidentes hori-

[1] J'ajoute à l'appui de cette explication qu'en opérant avec une lumière intense, en concentrant le faisceau avec une lentille convergente à long foyer, j'ai toujours observé que l'extinction n'était pas complète. Dans ce cas, le résidu, dû aux secondes composantes, serait encore sensible.

Digitized by Google

zontales ne produiront pas d'effet sensible; la lumière reçue par l'œil sera donc polarisée dans le plan de vision que nous supposons toujours horizontal.

Si le faisceau éclairant est formé de lumière naturelle, on le considérera comme composé de deux faisceaux lumineux polarisés à angle droit, l'un dans le plan de vision horizontal, l'autre dans un plan perpendiculaire. — Ainsi, avec la lumière neutre, on a le maximum de polarisation lorsque l'angle de vision est de 90°, parce que, dans cette position, l'œil reçoit des composantes verticales en grand nombre, tandis que du fait des composantes horizontales, il ne reçoit d'impression que des secondes composantes des vibrations réfléchies provenant du faisceau polarisé perpendiculairement au plan de vision; or, comme nous l'avons dit, et comme on le verra bientôt, ces composantes sont très-faibles.

Si l'angle de vision s'écarte de 90°, alors les composantes horizontales perpendiculaires au faisceau, provenant du faisceau polarisé perpendiculairement au plan de vision, commencent à agir, et la polarisation cesse d'être au maximum.

VII. — J'ai toujours supposé jusqu'ici que les corpuscules étaient sphériques. Est-ce là une condition indispensable à l'interprétation que je viens de donner des phénomènes d'illumination? Je ne le pense pas. En effet, d'une part, quelle que soit la forme des particules, la surface en est toujours fermée, et les phénomènes d'interférences que j'ai signalés comme contribuant à la netteté des effets observés, se produisent toujours partiellement. D'autre part, on n'a pas à considérer une seule particule. Dans une tranche perpendiculaire au faisceau lumineux, il s'en trouve un très-grand nombre; il doit donc, en gé-

Digitized by Google

néral, se trouver dans cette tranche autant de surfaces dans une certaine position que dans la position symétrique. Ces surfaces symétriques produiront les interférences aussi bien que si elles appartenaient à la même particule.

VIII. — Revenons au cas des particules sphériques, en supposant que le plan de vision soit toujours horizontal et que le faisceau éclairant soit formé de lumière naturelle, c'est-à-dire de deux faisceaux polarisés à angle droit, l'un dans le plan horizontal, l'autre dans le plan vertical. Examinons pourquoi, dans la lumière réfléchie, les composantes parallèles au faisceau sont très-faibles comparativement aux composantes verticales.

D'abord, quand même la sphère aurait un pouvoir réfléchissant absolu, il y aurait une prédominance notable des composantes verticales. En effet, sur le grand cercle vertical *a e c* (fig. 2), le faisceau polarisé, dans un plan horizontal, donnera lieu à des composantes verticales réfléchies sur tous les points, sauf les deux points situés à 45° de *e*. Au contraire, le faisceau polarisé dans le plan vertical ne donnera lieu sur aucun point de ce grand cercle à des composantes parallèles au faisceau. — Il en est de même pour le grand cercle *a b c*. — Pour le grand cercle horizontal *b e*, le premier faisceau donnera lieu partout à des composantes verticales seulement, tandis que le second faisceau ne donnera point de composantes parallèles à lui-même en *b*, point non plus en *e*, il n'en donnera qu'entre ces deux points. — On reconnaît ainsi, à première vue, que dans le cas d'un pouvoir réfléchissant absolu, il doit y avoir prépondérance des composantes verticales réfléchies. Il serait facile du reste de le montrer par le calcul.

Mais il y a plus, cette prépondérance des composantes

Digitized by Google

verticales sera beaucoup augmentée par le fait que le pouvoir réfléchissant de la sphère n'est pas absolu. Ainsi sur le grand cercle horizontal *be* (qui dans le cas d'un pouvoir réfléchissant absolu donnerait le plus de composantes parallèles au faisceau), l'intensité des composantes verticales sera minimum en *b*, où elle aura une valeur proportionnelle à $\left(\frac{n+1}{n+1}\right)^2$, *n* étant l'indice de réfraction des corpuscules relativement au milieu transparent; à partir de *b*, cette intensité ira constamment en croissant jusqu'en *e* où elle a une valeur proportionnelle à 1. Au contraire, l'intensité des composantes parallalèles au faisceau sera mulle en *b*, nulle de nouveau au point pour lequel l'angle d'incidence est égal à l'angle de polarisation, nulle encore pour le point *e*. Passant trois fois par zéro, l'intensité de ces composantes ne doit être nulle part considérable entre *b* et *e*, etc.

IX. — Le calcul exact de ces intensités est très-compliqué. A ma prière, M. Cellérier a eu l'extrême obligeance de l'effectuer; je lui en exprime ici mes remerciements.

Voici, en peu de mots, les résultats auxquels il est parvenu :

Supposons un faisceau polarisé tombant sur une sphère de rayons *r*; nommons 1 l'intensité totale du filet lumineux qui vient la rencontrer, ce qui revient à dire que l'intensité par unité de surface est $\frac{1}{\pi r^2}$. On demande les sommes x, y, z des intensités des faisceaux réfléchis par la partie éclairée de la sphère, et polarisés de manière que leurs vibrations soient, pour x parallèles au faisceau incident, pour y perpendiculaires au faisceau mais

Digitized by Google

parallèles au plan de polarisation, et pour z perpendiculaires au plan de polarisation [1].

Partons des hypothèses suivantes :

1° L'intensité totale de la lumière réfléchie par un élément de la surface est donnée par la formule de Fresnel,

$$\left(\frac{\sqrt{n^2-\sin^2 i}-\cos i}{\sqrt{n^2-\sin^2 i}+\cos i}\right)^2 \cos^2 a+\left(\frac{\sqrt{n^2-\sin^2 i}-n^2\cos i}{\sqrt{n^2-\sin^2 i}+n^2\cos i}\right)^2 \sin^2 a$$

où n désigne l'indice de réfraction relatif;

i l'angle d'incidence pour l'élément que l'on considère;

a l'angle formé par le plan de polarisation du rayon incident avec le plan d'incidence.

2° La direction d'une vibration réfléchie par cet élément est déterminée par la condition d'être perpendiculaire à la direction du rayon qui serait réfléchi suivant les lois ordinaires de la réflexion, et par la formule de Fresnel :

$$\text{tang } a' = \frac{\cos(i+i')}{\cos(i-i')} \text{ tang } a$$

où a' est l'angle formé par le plan de polarisation du rayon réfléchi avec le plan d'incidence, et i' désigne l'angle de réfraction, de sorte que $\sin i' = \frac{1}{n} \sin i$.

Le calcul conduit aux résultats suivants en simplifiant autant que possible la partie algébrique des intégrales :

$$16y = \frac{16n^4(3n^2-1)(n^2-1)}{(n^2+1)^5} l\left[\frac{n(n+1)}{n-1}\right] - n^2(n^2-1)\, l\left[\frac{n+1}{n-1}\right]$$
$$+ \frac{8n^4(n^2-3)(n^2-2n-1)}{(n^2+1)^4} - \frac{4n^2(n+1)^2}{3(n^2+1)^2} + 2n^3 - \frac{4}{3}$$

[1] On voit que z se rapporte à ce que nous avons appelé plus haut les premières composantes, le faisceau et son plan de polarisation étant horizontaux; y se rapporte aux troisièmes composantes, et x se rapporte aux deuxièmes composantes, quel que soit le plan de polarisation du faisceau horizontal.

Digitized by Google

$$4(z-3y)=-\frac{16\,n^4}{(n^2+1)^2(n^2-1)}\,l\left[\frac{n(n+1)}{n-1}\right]-\frac{n^2(n^2+1)(n^2-3)}{n^2-1}\,l\left[\frac{n+1}{n-1}\right]$$

$$-\frac{4(n-1)(n^2+1)}{3(n+1)^2}+\frac{(n^2-1)^2(n+1)}{n^2+1}+(n^2+1)(n-1)+2n$$

$$4(x+y+z)=\frac{32\,n^4(n^4+1)}{(n^2+1)^3(n^2-1)^2}\,l\left[\frac{n(n+1)}{n-1}\right]-\frac{4n^2(n^2+1)}{(n^2-1)^2}\,l\left[\frac{n+1}{n-1}\right]$$

$$-\frac{8n^3(n^2+2n-1)}{(n^2+1)^2(n^2-1)}+\frac{8n^2}{3(n+1)^2}+\frac{4}{3}$$

En effectuant le calcul numérique pour 10 valeurs de n, M. Cellérier est arrivé aux chiffres ci-dessous :

n	x	y	z
1,04	0,000524	0.000199	0,010640
1,07	0,001042	0,000532	0,017028
1,1	0,001476	0.000970	0,022713
1,125	0,001787	0.001396	0,027078
1,15	0.002077	0,001863	0,031179
1,2	0,0026	0,0029	0.0388
1,3	0,0035	0.0052	0.0524
1,4	0,0045	0.0077	0,0646
1,5	0,0059	0,0102	0,0757
1,7	0,0090	0.0153	0,0960

On voit que la prépondérance de z sur x est considérable, surtout pour les petites valeurs de n. Pour des valeurs de plus en plus petites de l'indice de réfraction, le rapport $\frac{z}{x}$ croîtrait indéfiniment, z et x prenant chacun des valeurs absolues de plus en plus petites. C'est ce que l'on reconnaît par une transformation de formules.

Les calculs précédents donnent bien, dans les hypothèses qui ont été prises pour base, la somme des intensités des différentes composantes dans toutes les directions. Pour obtenir ces intensités dans une direction détermi-

Digitized by Google

née, il faudrait connaître la loi suivant laquelle s'effectue la réflexion sur des surfaces très-petites. Nous avons dit que, dans ce cas, chaque point de la surface devenait un centre d'ébranlement à partir duquel les vibrations réfléchies se propagent dans toutes les directions. Mais avec quelle intensité relative ? C'est là un point très-important que nous avons laissé de côté. Il paraît peu probable que ces vibrations se propagent avec la même intensité dans toutes les directions : il est plus naturel d'admettre que l'intensité est maximum dans la direction que prendrait le rayon réfléchi suivant les lois ordinaires, et qu'elle va en décroissant à mesure que l'on s'éloigne de cette direction.

Du reste, cet essai de théorie présente beaucoup d'autres lacunes : il n'y a pas été traité des effets que peuvent avoir les réflexions multiples, la réflexion totale si les corpuscules sont moins réfrangibles que le milieu, la réfraction par ces corpuscules, etc. Toutefois, malgré ces imperfections, il m'a paru que les idées énoncées ci-dessus pouvaient avoir quelque intérêt.

J'ai communiqué à l'Académie de Paris une partie des résultats qui ont été rapportés dans les pages précédentes[1]. M. Lallemand a répondu à ma communication par une nouvelle Note que je vais reproduire.

IVe NOTE DE M. LALLEMAND.

Observations sur la communication de M. Soret, relative à l'illumination des corps transparents[2].

« Dans une Note insérée aux *Comptes rendus* du 6 décem-

[1] Voyez *Comptes rendus*, 20 décembre 1869, tome LXIX, p. 1294.

[2] *Comptes rendus*, 20 décembre 1869, tome LXIX, p. 1294. Le texte

Digitized by Google

bre, M. Soret a conclu, de ses expériences sur l'eau distillée, que l'illumination des liquides par un rayon polarisé pourrait être attribuée à la réflexion des particules étrangères que tous les liquides tiennent inévitablement en suspension, et en même temps, sans formuler aucune objection [1], il met en doute l'explication que j'ai donnée du phénomène. Pour justifier plus complétement mes conclusions, l'Académie me permettra d'entrer dans de nouveaux détails.

« L'expérience fondamentale sur laquelle je m'appuie consiste à illuminer par un faisceau cylindrique, polarisé horizontalement, une sphère transparente dont la fluorescence soit presque nulle. On constate alors que, suivant un rayon quelconque de la sphère, il y a illumination, et que la lumière émise, variable d'intensité, est toujours complétement polarisée dans un plan normal à l'azimut qui contient le rayon émergent, c'est-à-dire que le plan de polarisation est essentiellement variable, et non pas invariable comme le suppose M. Soret, en me citant inexactement[2]. Il n'y a d'exception que pour le rayon vertical, suivant lequel on ne distingue aucune illumination appréciable, sauf un peu de lu-

publié par les *Comptes rendus* contient plusieurs fautes d'impression évidentes ; je me suis permis d'en corriger quelques-unes; d'autres seront indiquées en note. L. S.

[1] Ma communication à l'Académie ne contenait pas en effet les objections théoriques que me paraît soulever l'hypothèse de M. Lallemand, et que j'ai brièvement indiquée plus haut. L. S.

[2] Dans ma communication à l'Académie j'avais cité la phrase suivante de la deuxième Note de M. Lallemand : « Ces variations d'intensité et cette direction *variable* du plan de polarisation de la lumière émise sont inconciliables avec l'hypothèse d'une réflexion particulaire, etc. » Au lieu du mot « variable, » j'avais écrit « invariable. » Cette erreur de copie n'avait pas, je crois, une grande importance; en effet, je constatais plus loin que j'étais d'accord avec M. Lallemand sur les résultats, et cela ne pouvait évidemment pas vouloir dire que j'avais trouvé le plan de polarisation *invariable*, puisque cela est mathématiquement impossible pour des rayons ayant une direction quelconque dans l'espace. L. S.

Digitized by Google

mière fluorescente neutre à l'analyseur. Or, en admettant l'hypothèse de Fresnel et la propagation directe du mouvement vibratoire dans l'éther condensé du milieu refringent, on démontre aisément que l'intensité de la lumière émise suivant un rayon faisant un angle α avec sa projection horizontale, et contenu dans un azimut incliné d'un angle ω sur le plan normal au filet lumineux, s'exprime par la formule

$$\frac{k \cos^2 \alpha}{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha \cos^2 \omega}},$$

dans laquelle k représente un coefficient variable avec le corps soumis à l'expérience [1]. Au lieu de viser dans une direction inclinée à l'horizon, on peut maintenir le rayon visuel horizontal et tourner le polariseur d'un angle variable α; dans ce cas, l'intensité de la lumière émise se représente par la formule

$$\frac{k(1 - \cos^2 \omega \sin^2 \alpha)}{\cos \omega}.$$

« Sans entrer dans des détails d'expérimentation qui ne sauraient trouver place dans cette Note, je me borne à constater que de nombreux essais photométriques, exécutés dans les conditions les plus variées, ont vérifié ces formules avec toute la précision que comporte la méthode d'Arago, employée déjà avec tant de succès et au moyen d'appareils divers, par MM. Jamin et Edmond Becquerel. Si l'illumination latérale était le résultat d'une réflexion sur des particules très-ténues, on serait conduit à cette conséquence singulière, que l'intensité du rayon réfléchi serait normale [2] sous toutes les incidences, depuis l'incidence normale jusqu'à l'incidence rasante.

« J'ai fait remarquer d'ailleurs, dans ma première Note, la difficulté qu'on éprouve à purifier les liquides, et c'est là ce

[1] Je pense qu'il y a une faute d'impression dans cette formule, et qu'il faut $\sin^2 \omega$ au lieu de $\cos^2 \omega$ sous le radical au dénominateur. L.S.

[2] Il faut sans doute lire *égale* au lieu de *normale*. L. S.

Digitized by Google

qui rend très-délicate l'expérience avec l'eau, dont le coefficient d'illumination est très-faible. Il existe pourtant des liquides très-mobiles, qu'on peut obtenir presque entièrement dépouillés de corpuscules étrangers. Je signalerai en particulier à M. Soret l'essence de pétrole, qui, convenablement purifiée par l'acide sulfurique, donne à la distillation fractionnée tous les hydrocarbures saturés, depuis l'hydrure d'amyle jusqu'à l'hydrure de décyle. Tous ces hydrures, préparés dans les mêmes conditions, s'illuminent avec d'autant plus d'intensité que leur densité est plus grande et leur indice de réfraction plus élevé : ce qui montre bien l'influence de la densité de l'éther sur le coefficient d'illumination, si l'on admet, avec Fresnel, que cette densité est proportionnelle au carré de l'indice de réfraction. Le sulfure de carbone est au nombre des liquides qu'on peut obtenir, par la distillation et le repos, dans un état de pureté parfaite. Il s'illumine aussi avec une grande énergie dans le plan de polarisation : mais la lumière fluorescente qu'on observe dans une direction perpendiculaire a elle-même une grande intensité, et représente les 0.6 de l'illumination totale. En le saturant de phosphore, on obtient une solution qui, décantée dans une atmosphère d'acide carbonique, est parfaitement limpide, d'une très-grande réfrangibilité, et dont l'illumination latérale est bien supérieure à celle du sulfure de carbone, tandis que la fluorescence n'a pas augmenté, ce qui prouve encore l'influence de la réfrangibilité sur le coefficient d'illumination.

« D'un autre côté, comment est-il possible d'invoquer la réflexion particulaire, quand on opère avec des corps solides parfaitement homogènes, tels que le crown et le flint employés par les opticiens. J'ai soumis à l'expérience des prismes de crown à base de potasse, d'origines diverses. L'un d'eux, de fabrication ancienne, s'illuminait faiblement, et sa fluorescence était à peine sensible ; bien que légèrement strié, il se comportait comme de l'alcool rectifié, tandis que des prismes et des cylindres de crown d'une densité un peu

Digitized by Google

plus forte, d'une transparence et d'une pureté parfaites, que M. Duboscq a bien voulu préparer pour l'objet spécial de mes recherches, s'illuminent avec beaucoup plus d'intensité, en même temps que leur fluorescence est très-énergique. Lorsque le faisceau lumineux est réfléchi par un miroir métallique, polarisé par un prisme Foucault (et non pas avec un Nicol dont les deux moitiés sont réunies à l'aide d'un baume fluorescent et doué de pouvoir rotatoire), et qu'il est rendu convergent avec une lentille de quartz taillé parallèlement à l'axe optique, les premières couches du prisme se colorent en bleu intense, comme le ferait une solution de sulfate de quinine ou d'esculine. Le flint est quelquefois aussi fluorescent que le crown, mais son illumination dans le plan de polarisation est toujours bien plus intense, et croît avec sa densité et sa réfrangibilité. Que M. Soret mette en œuvre un de ces prismes de flint lourd, dont on fait usage dans les expériences diamagnétiques, et il constatera que dans le plan de polarisation l'éclat est d'une vivacité extrême, tandis que dans la direction normale à ce plan on observe qu'une lumière neutre, très-faible d'intensité, d'un rouge brique, qui, par l'interposition d'une lame de quartz normale à l'axe, prend aussitôt avec éclat la nuance que donne l'image éteinte de l'analyseur bi-réfringent placé sur le prolongement du faisceau. C'est là surtout la confirmation la plus complète des épreuves photométriques que j'ai rapportées plus haut.

« Je n'insiste pas davantage sur un sujet que j'aurai occasion de traiter plus longuement dans un Mémoire spécial, et je maintiens dans toute leur rigueur les conséquences théoriques que j'ai déduites de mes expériences : en ce qui concerne d'ailleurs la direction du mouvement vibratoire de l'éther dans un rayon polarisé, elles ne font que confirmer, aussi directement que possible, les conclusions auxquelles on était déjà conduit par les expérences photométriques de M. Jamin, qui vérifient avec tant de précision les formules de Cauchy, sur l'intensité de la lumière réfléchie et réfractée. »

Digitized by Google

Je ne répondrai que très-brièvement à cette dernière Note de M. Lallemand. Il me semble soulever trois objections principales contre la manière de voir que j'ai soutenue.

1° La première est tirée d'observations photométriques qui l'ont amené à conclure que si l'illumination était due à une réflexion sur des particules très-tenues, on serait conduit à cette conséquence que l'intensité du rayon réfléchi serait égale sous toutes les incidences.

Je n'ai point vérifié ces mesures photométriques et je n'élève aucun doute sur leur exactitude. Elles seraient sans doute incompatibles avec les lois ordinaires de la réflexion sur de grandes surfaces; mais comme nous l'avons dit, ces lois ne sont pas applicables à des particules très-petites, et l'on entrevoit plusieurs causes qui doivent agir en sens opposé sur l'intensité de la lumière renvoyée par ces particules dans des directions diverses. Il ne me semble donc pas que l'on puisse tirer de là un argument ayant une grande valeur.

2° M. Lallemand indique plusieurs cas où il a reconnu que l'augmentation de la réfrangibilité du milieu transparent entraînait une augmentation du pouvoir d'illumination; il en conclut à l'influence de la densité de l'éther.

Mais on peut très-bien concevoir que la réfrangibilité du milieu ait une action sur l'intensité de la réflexion particulaire. Si tout ou partie des corpuscules étrangers ont un indice de réfraction plus faible que le milieu, plus celui-ci sera réfringent, plus sera considérable la proportion de lumière renvoyée, particulièrement par réflexion totale.

En outre, le plus souvent l'augmentation de réfrangibilité est accompagnée d'une augmentation de densité, en sorte que dans les liquides les particules ont plus de

Digitized by Google

tendance à rester en suspension et se déposent avec moins de facilité [1].

3° Enfin M. Lallemand ne peut admettre que des corps solides, comme les verres employés par les opticiens, ne soient pas parfaitement homogènes. Mais pourquoi ? Ces substances se préparent par fusion : pourquoi le verre fondu qui est toujours un peu visqueux, que l'on ne peut purifier ni par filtration ni par distillation, ne serait-il pas apte comme les autres liquides à tenir des particules en suspension ? Je suis plutôt surpris que l'on arrive à en dépouiller aussi bien ces corps, et je ne puis me l'expliquer que parce qu'à la haute température nécessaire à la fusion du verre, les matières organiques sont détruites, et que d'autre part les substances minérales doivent pour la plupart se transformer en silicates qui se fondent et se mélangent avec la masse.

[1] Dans une Note insérée très-récemment dans les *Comptes rendus* (31 janvier 1870), M. Lallemand annonce le fait très-remarquable que la lumière peut transformer le soufre octaédrique dissous dans le sulfure de carbone en soufre insoluble, qui trouble la solution sur le passage du faisceau lumineux. Il indique également que le phosphore en dissolution dans le sulfure de carbone donne lieu à un phénomène analogue. N'est-ce peut-être pas là une des raisons du grand pouvoir d'illumination de cette dernière dissolution ?

Digitized by Google

SUR LA POLARISATION

ET

LA COULEUR BLEUE DE LA LUMIÈRE

RÉFLÉCHIE PAR L'EAU OU PAR L'AIR

PAR

M. LE PROFESSEUR ED. HAGENBACH.

Les intéressantes recherches de M. Soret sur la polarisation de la lumière bleue des lacs, lesquelles ont été exécutées sur l'eau du lac de Genève, m'ont donné l'idée de faire des expériences du même genre dans le courant de l'été dernier sur le lac de Lucerne. L'appareil dont je me suis servi pour ces observations était tout à fait semblable à celui de M. Soret. Les expériences furent exécutées le 11, le 12 et le 13 août près de Lucerne. Je m'avançai dans le lac avec un petit bateau jusqu'à ce que je fusse arrivé à un point où l'on ne vît plus le fond.

Le 11 août l'eau était agitée et le ciel couvert, il ne fut pas possible de reconnaître une polarisation bien définie. Le 12 et le 13 août, l'eau était un peu plus calme et le ciel presque entièrement découvert. Aussitôt que le soleil apparut, l'on vit très-nettement la polarisation décrite par M. Soret. Quant aux variations que subissait le degré de la polarisation avec la direction, le meilleur moyen que j'avais de les constater était de plonger la lunette obliquement dans l'eau du côté du soleil, puis de faire tourner lentement le bateau de 180°. La polarisation passait de la sorte de son maximum à 0. Lorsque l'on faisait

Digitized by Google

ensuite décrire au bateau un nouvel angle de 180 degrés de manière à le ramener dans sa position première, la polarisation revenait graduellement à son maximum. En regardant perpendiculairement à la surface de l'eau, je n'ai jamais observé la moindre polarisation.

Dans tous les cas, le plan de polarisation passait par le soleil. En ne plongeant qu'à moitié la plaque de verre qui remplace l'objectif de la lunette, l'on observe en même temps la polarisation de la lumière réfléchie par la surface de l'eau et celle de la lumière qui provient de l'intérieur; dans ces conditions l'expérience montre que les deux faisceaux lumineux sont soumis aux mêmes lois pour ce qui concerne soit la direction du plan de polarisation, soit la variation du degré de polarisation avec la direction.

M. Soret admet que la polarisation de la lumière qui sort de l'eau est produite par la réflexion à la surface de petites particules en suspension dans l'eau. Sans vouloir précisément contester cette manière de voir, je crois cependant que la polarisation pourrait provenir également d'une autre cause, savoir: simplement la réflexion par l'eau elle-même. Il est évident que l'eau d'un lac, surtout lorsque le soleil darde ses rayons sur elle, ne peut point présenter une masse homogène, mais qu'elle se compose, par suite des variations de température auxquelles elle est soumise, de couches de densités différentes.

Par ce fait, il doit se produire des réflexions intérieures, et la lumière réfléchie sera polarisée dans le plan de réflexion; le fait que le faisceau venant de l'intérieur se comporte exactement de la même manière que le faisceau réfléchi par la surface de l'eau, parle en faveur de ma

Digitized by Google

manière de voir. Il est bien possible que les deux modes de réflexions, celle qui se produirait à la surface des corpuscules en suspension, et celle qui se produirait à la limite des couches successives de densités différentes, agissent simultanément pour produire la polarisation.

J'ai fait encore quelques recherches sur la polarisation de la lumière réfléchie par les couches d'air qui séparent l'observateur d'un objet éloigné tel qu'une montagne. J'ai reconnu que l'on a toujours dans ce cas une polarisation très-marquée, pourvu que l'on vise sur un fond obscur (bois, rocher de couleur foncée, nuage sombre, et que la couche d'air intermédiaire ne soit pas trop petite. Lorsque celle-ci est de quelques milliers de pieds, l'on obtient ordinairement déjà une polarisation sensible. L'intensité de cette polarisation paraît dépendre, comme c'est le cas de la lumière bleue du ciel, de l'angle que font les rayons arrivant à l'œil avec la lumière solaire incidente. Lorsque des objets éloignés sont rendus indistincts par l'effet de la lumière réfléchie des couches d'air intermédiaires, l'on peut, à l'aide d'un prisme de Nicol disposé convenablement, rendre ces objets beaucoup plus distincts en se débarrassant d'une portion de rayons réfléchis par l'air. Cette action du Nicol se produit aussi bien lorsqu'on opère à l'œil nu que lorsque l'on emploie une lunette, et il y a avantage pour observer un objet terrestre éloigné, lorsque le soleil luit, à employer un objectif muni d'un Nicol.

En terminant, je me permets d'exposer une idée sur la polarisation et la lumière bleue de l'air. La lumière qui nous arrive de tous les points de l'atmosphère est considérée habituellement comme réfléchie par les corpuscules liquides ou solides suspendus dans l'air. Quand

Digitized by Google

même il est hors de doute que ces particules influent notablement sur la transparence, la couleur et la polarisation, l'on doit aussi attribuer un rôle important, dans la production de ces phénomènes, à la lumière qui est réfléchie partout où des couches d'air de densité différente sont en contact. L'atmosphère ne peut absolument pas être considérée comme un milieu de densité uniforme, tandis qu'il se produit dans son intérieur un mélange incessant de courants d'air qui présentent de grandes difficultés de température et d'humidité. Cette inégale densité de l'air se manifeste clairement dans l'action que l'atmosphère exerce sur un rayon de lumière qui la traverse. C'est là en effet ce qui produit le tremblement des objets éloignés. Cette inégalité de l'atmosphère doit aussi nécessairement produire des réflexions intérieures, souvent renouvelées sur le parcours d'un même rayon; et puisque d'après des expériences récentes la réfraction même chez les gaz est accompagnée de dispersion, il devra se faire dans ces réflexions, si elles se répètent assez fréquemment, que pour la lumière réfléchie ce seront les rayons bleus, pour la lumière transmise les rayons rouges qui l'emporteront sur tous les autres. Il est donc très-possible que la couleur bleue du ciel, la polarisation de la lumière bleue du ciel, et la couleur rouge du ciel après le coucher du soleil, doivent trouver, au moins en partie, leur interprétation dans la considération de ces réflexions atmosphériques.

La lumière qui provient des couches d'air interposées entre notre œil et des objets éloignés, et qui rend la vue de ces objets indistincte, doit être en partie du moins réfléchie par l'air lui-même. Dès lors la clarté et la transparence de l'atmosphère ne dépendraient pas seulement

Digitized by Google

de la quantité des particules solides ou liquides qui s'y trouvent en suspension, mais aussi, et d'une manière notable, du degré d'homogénéité de la masse d'air qui la constitue.

OBSERVATIONS SUR LA NOTE PRÉCÉDENTE

Par M. J.-L. SORET.

La Note que l'on vient de lire est fort intéressante, et l'influence que la réflexion sur des couches d'inégale densité peut exercer sur la polarisation de la lumière de l'eau, mérite certainement d'être étudiée. Toutefois, je ne pense pas que ce soit là la cause principale du phénomène.

Prenons un tube de verre de 1^m environ de longueur et de quelques centimètres de diamètre, fermé à ses deux extrémités par des lames de verre. Remplissons ce tube d'eau du lac de Genève, par exemple, et plaçons-le au soleil dans une position horizontale de manière que son axe soit perpendiculaire aux rayons solaires. Disposons un écran noir derrière l'une des lames de verre qui ferment le tube et regardons par l'autre extrémité. Si l'eau n'avait point de pouvoir d'illumination ou si les rayons du soleil étaient interceptés, la partie de l'écran visible au travers de l'eau paraîtrait noire. Mais dans la position indiquée, au lieu du noir on observe une teinte gris-bleuâtre, et si l'on regarde au travers d'un analyseur, on reconnaît nettement que cette lumière émise latéralement est polarisée dans un plan parallèle aux rayons solaires. Ici il

Digitized by Google

ne me semble pas possible d'attribuer l'illumination et la polarisation à des réflexions sur des couches d'inégale densité.

Ainsi une épaisseur d'eau d'un mètre suffit à mettre en évidence le phénomène ordinaire de l'illumination de l'eau et de la polarisation, sans qu'il soit nécessaire d'opérer dans la chambre obscure. *A fortiori*, le même phénomène doit-il se manifester quand on opère sur le lac même, c'est-à-dire sur une couche d'eau d'une épaisseur bien plus grande. L'illumination est donc une cause suffisante pour expliquer la polarisation de la lumière de l'eau.

Si les réflexions contribuent aussi, dans certains cas, à la production du phénomène, je pense que leur influence doit être beaucoup moins importante en raison de la petite proportion de lumière réfléchie par des couches de densité peu différente, de l'action opposée que doit exercer la polarisation par réfraction, etc. — J'aurai probablement l'occasion de revenir plus tard sur ce sujet.

Digitized by Google

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

Action du magnétisme sur les gaz.

M. Jamin a présenté, dans la séance du 3 janvier de l'Académie des Sciences [1] un travail de M. Trève relatif à l'action du magnétisme sur les gaz fait dans le beau laboratoire de la Sorbonne placé sous l'habile direction de M. Jamin lui-même. M. Trève a étudié cette action, soit sur les auréoles lumineuses qui entourent les électrodes, soit sur le jet lumineux qui se manifeste dans la partie étranglée des tubes de Geissler. Il a trouvé qu'avec l'hydrogène le beau rouge qui se montre dans la partie capillaire, soit étranglée, du tube, disparaît par l'action de l'aimant pour faire place à une lumière toute blanche, que le spectre de cette partie devient plus lumineux et s'enrichit particulièrement dans le bleu et le violet. Avec l'oxygène le blanc laiteux de la partie capillaire devient rouge sous l'influence du magnétisme. Avec l'azote la partie capillaire, d'un bleu très-pâle, prend une teinte bleuâtre très-foncée sous cette même influence. Avec l'acide carbonique le blanc brillant de la partie capillaire devient d'un bleu foncé. Avec un tube de fluorure de silicium, la partie capillaire devient de bleuâtre bleue violacée, et le spectre est complétement modifié. Avec le brome et le chlore, le magnétisme produit quelques modifications dans la nuance lumineuse de la partie étranglée du tube, et le spectre éprouve aussi quelques changements.

M. Trève remarque que Plucker avait déjà observé des changements de coloration dans les gaz des tubes de Geissler

[1] Voyez *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences* du 3 janvier 1870, tome LXX, p. 36.

Digitized by Google

soumis à l'action magnétique, et il annonce qu'il se propose de poursuivre ses recherches.

Je m'étais également occupé, il y a quelques années, de l'action du magnétisme sur les gaz raréfiés traversés par des décharges électriques, et j'avais communiqué un extrait de mon travail à l'Académie des Sciences [1]. Ce travail a paru en entier dans les *Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève* (tome XVII, 1re partie, p. 86). Ce n'était pas dans un tube capillaire que se propageait le jet électrique sur lequel j'étudiais l'action de l'aimant, mais bien dans des tubes de diamètres plus ou moins considérables.

J'avais constaté l'action de l'aimant, soit sur les auréoles lumineuses qui entourent les deux électrodes, comme l'a fait M. Trève qui a confirmé ainsi complétement mes résultats, soit sur les différentes parties du jet. J'avais étudié sur divers gaz raréfiés l'augmentation de résistance à la propagation de l'électricité qui résulte de l'influence du magnétisme, j'avais observé que la partie obscure du jet, voisine de l'électrode négative, devient lumineuse sous cette influence. Ces différents effets m'avaient paru tenir essentiellement à ce que l'action du magnétisme, qui agit par répulsion ou attraction sur les courants électriques transmis par les gaz raréfiés, détermine une condensation des filets gazeux, d'où résulte une plus grande résistance, et par conséquent une lumière plus intense et une température plus élevée.

Je suis convaincu que les effets observés par M. Trève tiennent en grande partie à cette cause, et qu'en particulier les changements de couleur et les altérations dans les spectres des jets électriques lumineux sont dus à l'augmentation de densité accompagnée nécessairement de l'accroissement de température qui en résulte. Les effets, comme je l'ai observé, varient avec la nature des gaz soumis à l'expérience, mais sont pour tous de même nature. Il ne faut donc pas

[1] Voyez *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, t. LVI (1863), p. 674.

Digitized by Google

voir dans les expériences de M. Trève un effet de l'action de l'aimant sur les gaz eux-mêmes, mais bien le résultat de l'action de l'aimant sur les courants électriques transmis par les gaz, ce qui est bien différent, et rentre dans les lois de l'électro-dynamique.

Je vois que dans la séance du 31 janvier, M. Daniel, professeur à l'École centrale, a fait à l'Académie des Sciences une communication de laquelle il résulte que le magnétisme augmente la résistance du milieu dans lequel on fait passer le courant. C'est exactement ce que j'avais trouvé et publié en 1863. Du reste je ne tarderai pas à entreprendre de nouvelles recherches sur ce sujet intéressant.

A. DE LA RIVE.

M.-F. HUGUENY. SUR LE COUP DE FOUDRE DE L'ILE DU RHIN, PRÈS STRASBOURG. (Extrait du tome VI des *Mémoires de la Société des sciences naturelles de Strasbourg.*)

Un caporal et deux soldats d'un régiment d'infanterie faisant partie du poste français du pont de Kehl, étaient assis, le 13 juillet 1869, sur un banc placé sous un marronnier, entre le bâtiment de la douane et le Rhin, lorsqu'un orage sans pluie venant du sud-ouest, vers six heures et demie du soir, s'annonça par quelques éclairs et par des roulements de tonnerre assez faibles. A sept heures et sept minutes, un bruit formidable se fit entendre, et les trois militaires tombèrent foudroyés. Parmi les spectateurs, les uns supposèrent que la foudre était tombée directement des nuages sur le marronnier, ou, selon une autre version, qu'elle avait frappé l'un des paratonnerres de la douane, et s'était portée du conducteur jusqu'au marronnier. La première de ces explications paraissant, eu égard à l'état des lieux, en contradiction avec tous les faits d'électricité connus, et la seconde supposant, ce qui était très-peu probable, que le conducteur de la douane n'était pas en communication avec le sol, l'auteur,

Digitized by Google

sans se dissimuler la difficulté de sa tâche, entreprit de chercher la solution du problème dans les déclarations des témoins de l'accident. Après un enquête longue et rigoureuse. portant : 1° Sur l'état de l'atmosphère la veille et le lendemain de l'accident. 2° Sur toutes les circonstances qui ont caractérisé l'orage du 13 juillet, et sur la direction qu'il a suivi. 3° Sur la disposition des lieux et un examen attentif des paratonnerres de la douane. 4° Sur les déclarations des spectateurs. témoins de l'accident. 5° Enfin, sur l'autopsie des cadavres des deux malheureux qui ont succombé, l'auteur est arrivé au conclusions suivantes :

1. Un éclair de *première classe*, consistant, suivant la définition d'Arago, « en un trait ou sillon de lumière très-resserré. très-mince, très-arrêté sur ses bords, » a frappé. le 13 juillet 1869, à sept heures sept minutes du soir, un peuplier d'Italie, situé près de la maison blanche dans l'île du Rhin.

2. De ce peuplier, ou de son voisinage, est parti au même instant un éclair de troisième classe, ayant la forme d'un globe de feu, de la grandeur d'un boulet de 12, lequel, passant devant le bâtiment de la douane. est venu éclater sur le marronnier sous lequel étaient assis les soldats foudroyés.

3. La matière électrique est descendue le long du tronc de cet arbre, en séchant les feuilles sur son passage. S'il s'en est écoulé par le tronc, celui-ci n'en a pas souffert.

4. A 2m,30 du sol. au bas des feuilles, la matière électrique s'est divisée. Une partie s'est rendue dans le sol le long du tronc dont elle a noirci le pied ; une seconde partie. se portant vers un banc placé à la droite du marronnier, s'est dirigée vers la partie antérieure et métallique des shakos des deux soldats assis sur ce banc. Elle s'est ensuite bifurquée; une fraction est descendue entre eux en donnant lieu à des lésions diverses à la gauche du premier et à la droite du second, et est sortie par le pied gauche du premier, par le pied droit du second, et par la pointe du fourreau de sabre du

Digitized by Google

premier. L'autre fraction a été frapper, en traversant à gauche, la visière en cuire du shako du second et le fourreau de sabre qu'il portait, d'où elle a passé à travers l'air sur la cuisse droite du troisième, et, de là, par les lombes et par le pubis, sur le fourreau, rejoignant le sol par le pied gauche et peut-être par la pointe du fourreau.

5. La vitesse moyenne de l'éclair globulaire, entre le peuplier de la maison Blanche et le marronnier, a été approximativement égale à $571^{m},4$ par seconde.

6. Cet éclair a passé à travers les arbres de l'île du Rhin, sans en être arrêté.

7. Il a passé devant le conducteur des paratonnerres du bâtiment de la douane, sans se diriger vers lui.

8. Il a passé devant les fusils qui étaient au ratelier du corps de garde, sans que sa direction ait été sensiblement modifiée.

9. Des trois militaires foudroyés, deux atteints à la tête sont morts ; le premier sur le coup, le second après dix minutes environ ; le troisième, qui n'a été atteint que dans la partie inférieure du corps, à partir des lombes et du pubis, a survécu.

10. Le troisième militaire, après avoir été renversé comme ses deux camarades, est resté sans connaissance pendant quelques secondes, et a déclaré ensuite n'avoir ni vu l'éclair ni entendu le tonnerre.

11. Les cheveux et les poils des sourcils, des cils et de la moustache des deux premiers soldats ont été partiellement brûlés ; la peau a été brûlée chez tous les trois, les brûlures étant de forme variée. Celles de la face, qui sont ponctuées, méritent d'être signalées.

12. Aucune lésion du système nerveux n'a été constatée dans l'autopsie des deux soldats qui ont succombé.

13. Les trois soldats atteints présentaient une lésion du scrotum.

14. Leurs vêtements ont été le siége d'actions mécaniques

Digitized by Google

et physiques. Le drap, la toile ou la crétonne ont été roussis par places, et, dans certains endroits, percés d'un trou rond. Le cuir de deux shakos et d'un porte-sabre ont présenté des trous qui rappellent ceux de l'expérience du perce-carte. Le cuir de certains souliers a été déchiré et paraît avoir été roussi.

15. Les pièces métalliques présentent des traces de fusion plus ou moins étendues. Les plus remarquables sont celles du fourreau du sabre du soldat qui était appuyé contre le marronnier.

16. Des modifications curieuses du magnétisme primitif des fourreaux de sabre ont été la conséquence de l'explosion du globe fulminant. L'un d'eux a reçu une aimantation transversale; un autre a eu ses pôles renversés; ils ont tous perdu leur force coercitive dans les parties de la surface où l'acier a été fondu

---

J.-C. Poggendorff. Ueber elektrische Spitzenwirkung. Du pouvoir électrique des pointes. (*Monatsberichte der Kön. preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, juillet 1869, p. 590.)

Dans une note insérée sous ce titre aux comptes rendus mensuels de l'Académie de Berlin, M. Poggendorff cherche à établir un certain nombre de cas d'exception à ce fait généralement admis, à savoir que la décharge électrique entre deux conducteurs, ou entre les deux électrodes d'une bouteille de Leyde, ne peut point s'accomplir sous forme d'étincelle, mais seulement sous forme d'aigrette, lorsque ces électrodes se terminent l'une ou l'autre, et surtout toutes deux, en pointe.

Il trouve d'abord que cette décharge se fait bien réellement sous forme d'étincelle compacte, lorsque l'on approche brusquement d'un bouton relié à l'armature intérieure une pointe formant le prolongement de l'armature extérieure

Digitized by Google

d'une bouteille de Leyde chargée par une machine de Holtz. Cette expérience réussit surtout lorsque le bouton forme électrode négative; dans le cas contraire, l'on n'arrive pas toujours à obtenir une étincelle.

De plus, entre deux électrodes en forme de pointe, ayant entre elles un écart suffisant, de 15^{mm} par exemple, l'on n'a, suivant la règle admise, aucune étincelle, et il semble qu'en les rapprochant l'on dût diminuer la résistance, et par conséquent s'écarter de plus en plus des conditions dans lesquelles une étincelle est possible. Or, c'est précisément le contraire qui a lieu, et, en rapprochant les deux pointes, l'on obtient entre elles deux une décharge sous forme de petites étincelles très-rapprochées et assez semblables à de faibles étincelles d'induction.

D'autre part, il semble aussi qu'en remplaçant l'une des deux pointes par une boule [1], l'on devrait augmenter la tension électrique. et par conséquent la force des étincelles. Or, l'auteur a trouvé. tout au contraire, que les étincelles étaient sensiblement diminuées par la substitution d'une boule à l'une des deux pointes.

M. Poggendorff obtient un autre cas d'exception en ménageant une seconde interruption dans le circuit qui relie les deux électrodes de la bouteille de Leyde. Il place à cet effet entre les deux électrodes, dont l'une se termine en pointe ou en cône creux. l'autre en boule, un conducteur sphérique en laiton porté sur un pied isolant, et traversé. suivant son diamètre horizontal, par une tige aux deux extrémités de laquelle on peut fixer, à volonté, une pointe ou une petite boule (24^{mm} de diamètre). Supposons d'abord que de l'un des côtés de cet appareil l'on ait deux pointes en face l'une de l'autre, et de l'autre côté deux boules. Lorsque ces deux dernières se touchent. l'on a entre les deux poin-

[1] M. Poggendorff employait à cet effet des boules de 14^{mm} de diamètre.

Digitized by Google

tes les petites étincelles dont nous avons déjà parlé plus haut. Ensuite, à mesure que l'on écarte les boules, les étincelles augmentent graduellement en intensité, jusqu'à ce que l'on ait atteint, en les éloignant ainsi, un écart d'un pouce environ. A partir de là, les étincelles commencent à diminuer, et sont accompagnées de décharges sous forme d'aigrette. Il vient même un moment où, en écartant toujours plus les deux boules, il ne se produit plus du tout d'étincelles. Avec des boules plus grandes, il faut un écart plus considérable pour reproduire les mêmes effets. Dans tous les cas, la forme qu'affecte la décharge est exactement la même dans les deux interruptions du circuit.

Ayant de cette façon augmenté la tension électrique du circuit et la charge de la bouteille de Leyde, l'on peut écarter notablement les deux pointes, et obtenir entre elles de très-fortes étincelles. La nature de la décharge dépend évidemment de la grandeur relative, aussi bien que de la grandeur absolue de ces deux colonnes d'air. Mais le phénomène ne change point suivant que les deux boules sont du côté de l'électrode positive ou de l'électrode négative. Si l'on retourne de 180° le conducteur auxiliaire de façon à avoir à chacune des deux interruptions une pointe en face d'une boule, l'on n'obtient aucune étincelle.

Ces faits sont intéressants; mais il ne nous semble pas que l'on puisse y voir précisément une exception à ce que l'on appelle le pouvoir des pointes. Dans la combinaison de M. Poggendorff, en effet, les deux pointes ne jouent plus qu'un rôle secondaire. C'est la résistance que les deux électricités contraires éprouvent à se combiner entre les deux boules qui détermine la tension du circuit, par conséquent la nature de la décharge et la force des étincelles. L'auteur dit lui-même qu'il ne peut point se produire d'étincelle entre deux pointes, si l'on n'annule pas l'effet produit par cette forme spéciale d'électrode, à l'aide d'une disposition particulière qui augmente la tension dans le circuit, ou qui rem-

Digitized by Google

place la décharge continue telle qu'elle se produit généralement entre deux pointes par une décharge brusque.

M. Poggendorff indique d'autres procédés à l'aide desquels on obtient le même effet. C'est, par exemple, d'interposer devant une pointe formant électrode une surface isolante, telle qu'une feuille de caoutchouc durci que l'on retire ensuite subitement. L'auteur a obtenu de la sorte, avec une pointe servant d'électrode positive, des étincelles qui allaient jusqu'à trois pouces et au delà. Il suffit même de disposer la feuille de caoutchouc devant la pointe, de telle sorte que, d'un côté, elle ne dépasse que d'un ou deux pouces la ligne droite joignant les deux électrodes; et alors, sans qu'il soit nécessaire de la déplacer, on obtient des étincelles qui jaillissent à intervalles, plus ou moins rapprochés, sur le rebord de la feuille.

Ces différentes dispositions reviennent toutes à peu près au même : on peut évidemment les varier de quantités de manières différentes. E. S.

E.-H. Vierth. Ueber die Schwingungen, etc. Vibrations des lames d'air comparées a celles des plaques solides. (*Poggend. Annalen*, tome CXXXVIII, p. 560.)

Nous avons donné dans un de nos précédents numéros [1] une analyse du travail de M. Kundt sur les vibrations des lames d'air, étudiées à l'aide de nouvelles figures acoustiques. L'auteur de la note, dont nous rendons compte ici, avait entrepris de son côté l'étude de ce sujet. Son procédé, pour mettre une lame d'air en vibration, est plus simple que celui qu'avait employé M. Kundt. Il consiste à faire vibrer à l'aide d'un archet la plaque qui limite la lame d'air à sa partie supérieure, et qui devra communiquer ensuite à cette couche d'air le mouvement oscillatoire dont elle est elle-même ani-

[1] *Archives des Sc. phys. et natur.*, 1869, tome XXXVI, p. 271.

Digitized by Google

mée. La figure acoustique qui se produit alors sur la plaque inférieure met en évidence la nature des mouvements vibratoires de la lame qui correspondent dans chaque cas spécial à un mode de vibration particulier de la plaque. La possibilité de faire cette étude comparative est un nouvel avantage de la méthode de M. Vierth sur celle de M. Kundt; de plus cette méthode n'exige point d'appareil spécial comme cela avait lieu pour l'autre.

La disposition de l'expérience peut varier: il s'agit simplement de poser une plaque solide, métallique ou autre, sur une table, ou un support quelconque, de placer au centre de cette plaque une petite rondelle de liége, enfin sur celle-ci une seconde plaque qui sera maintenue à l'aide d'une vis qui la presse sur la rondelle. Pour faire en sorte que les deux plaques demeurent exactement parallèles, on peut disposer entre elles deux d'autres calles en liége que l'on aura soin de mettre aux points où devront se trouver les nœuds de la plaque vibrante. L'intervalle entre ces deux plaques devra être d'environ 1^{mm}. L'on saupoudre la plaque inférieure de sablon blanc très-fin, la plaque supérieure de sable. Puis l'on met la plaque supérieure en vibration, de manière à produire sur elle l'une quelconque des figures de Chladni: en même temps il se forme sur la plaque inférieure une figure tout autre, traduisant exactement les mouvements vibratoires que la plaque imprime à l'air enfermé au-dessous d'elle. Cette expérience consiste donc au fond à produire sur deux plaques différentes, 1° la figure acoustique proprement dite de Chladni; 2° celle qui est formée parfois à côté de la première par les poussières fines mélangées au sable, figure que ce physicien avait cru composée de nodales secondaires et que Faraday avait reconnu résulter des mouvements vibratoires des couches d'air superposées [1].

[1] *Annales de chimie et de phys.*, 2me série, tome XLIX, p. 46.

Digitized by Google

L'on reconnait de la sorte, en variant de différentes manières le mode de vibration de la plaque supérieure, qu'à des centres de vibration de la plaque correspondent toujours dans la lame d'air des nœuds simples ou de première classe de Kundt, tandis que l'intersection de deux lignes nodales de la plaque a toujours comme correspondant dans la lame d'air un nœud double.

Lorsque le son rendu par la plaque est clair et net, que de plus la figure de Chladni ne se compose pas d'un système de lignes trop compliqué, la figure produite par les vibrations de la lame d'air atteint elle-même une netteté et une régularité parfaite qui n'est altérée que sur les bords par l'influence de l'air extérieur à laquelle on peut parer en disposant tout le tour de la lame une petite paroi en papier.

Une augmentation de l'écartement des deux plaques fait varier la figure acoustique en ce sens que les différentes parties de la plaque ne vibrant pas avec une égale force, suivant le côté attaqué par l'archet, l'impulsion des unes ne se fait pas sentir aussi loin que celle des autres, et alors la régularité et la symétrie de la figure disparaissent.

Enfin, ayant étudié l'influence de la hauteur du son sur la forme des figures acoustiques des lames d'air, M. Vierth a été conduit à formuler la loi suivante :

Les intervalles qui séparent les stries de deux figures acoustiques produites par une lame d'air sous l'action d'une plaque vibrante rendant successivement deux sons différents sont inversément proportionnels aux racines carrées des nombres de vibrations de cette plaque dans les deux cas.

E. S.

Digitized by Google

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JANVIER 1870.

Le 4, 5. 6 et 7, brouillard épais tout le jour, dépôt de givre.
8, couronne lunaire dans la soirée.
9, id. id. et faible halo lunaire.
10, belle couronne lunaire.
11, forte gelée blanche le matin.
12. faible chute de neige dans la matinée, hauteur 2mm.
15. couronne lunaire dans la soirée.
17, forte bise depuis 10 heures du matin.
18, 19, forte bise tout le jour.
25, id.
27, id.
31, forte gelée blanche.

Digitized by Google

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm
Le 4 à 10 h. soir	732,24
11 à 6 h. soir	730,43
17 à 6 h. soir	733,69
21 à 10 h. soir	728,90
24 à 10 h. soir	728,08
26 à 10 h. matin	729,30
30 à 10 h. matin	734,12

MINIMUM.	mm
Le 2 à 6 h. matin	722,43
10 à 2 h. après-midi	722,03
14 à 8 h. soir	725,71
19 à 6 h. soir	725,92
23 à 2 h. après-midi	725,19
25 à 2 h. après-midi	724,94
27 à 4 h. après-midi	724,40
31 à 4 h. après-midi	729,18

Digitized by Google

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Ecart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Ecart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Ecart avec la fraction norm	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0		cm.
1	723,18	— 4,70	+ 1,06	+1,42	— 4,4	+ 4,3	4,29	+0,26	849	— 21	730	920	0,2	2	S. 1	0,99	—	—	99
2	723,15	— 4,73	+ 1,40	+1,79	0,0	+ 3,7	4,60	+0,57	914	+ 44	830	930	...	...	variable	0,99	5,8	+ 0,3	98
3	727,35	— 0,52	+ 3,15	+3,57	+ 0,9	+ 9,8	5,27	+1,24	917	+ 46	740	990	1,3	4	SSO. 1	0,78	6,0	+ 0,6	98
4	731,15	+ 3,28	— 0,97	— 0,53	— 1,9	+ 2,3	4,31	+0,27	1000	+129	1000	1000	...	...	variable	1,00	5,8	+ 0,4	96
5	730,79	+ 2,93	— 2,07	—1,61	— 3,0	— 0,6	3,99	—0,05	1000	+129	1000	1000	...	...	E. 1	1,00	5,7	+ 0,4	95
6	728,79	+ 0,93	— 0,57	—0,09	— 1,7	+ 0,4	4,47	+0,43	1000	+129	1000	1000	0,9	2	S. 1	1,00	5,6	+ 0,3	94
7	727,39	— 0,46	+ 6,58	+7,08	0,0	+10,5	5,75	+1,70	773	— 98	660	870	1,5	5	SSO. 1	0,93	5,7	+ 0,5	94
8	725,53	— 2,32	+ 9,08	+9,60	+ 6,1	+13,1	6,27	+2,22	749	—122	620	820	1,2	3	SSO. 1	0,74	5,9	+ 0,7	94
9	723,77	— 4,07	+ 8,29	+8,82	+ 7,3	+10,8	5,31	+1,25	688	—183	470	720	0,6	1	SSO. 2	0,96	—	—	95
10	722,60	— 5,24	+ 4,86	+5,39	+ 3,2	+ 8,7	4,66	+0,59	756	—115	580	820	...	...	SSO. 1	0,73	5,8	+ 0,7	94
11	727,92	+ 0,09	+ 1,72	+2,25	— 1,8	+ 5,3	4,02	—0,06	778	— 92	620	990	...	...	S. 1	0,39	5,9	+ 0,8	92
12	729,62	+ 1,79	+ 2,29	+2,82	— 0,5	+ 6,1	4,13	+0,04	778	— 92	540	1000	3,8	7	SSO. 1	0,94	5,8	+ 0,8	88
13	727,71	— 0,12	+ 2,12	+2,64	+ 0,8	+ 4,1	3,94	—0,16	749	—121	580	880	...	...	SO. 1	0,78	5,7	+ 0,7	90
14	727,34	— 0,48	+ 4,87	+5,38	+ 0,5	+ 9,1	5,03	+0,92	774	— 96	610	880	...	...	SO. 1	0,86	5,8	+ 0,8	87
15	729,42	+ 1,60	+ 6,18	+6,68	+ 3,4	+10,4	4,92	+0,80	721	—149	460	870	2,8	4	SSO. 1	0,48	5,9	+ 1,0	91
16	731,25	+ 3,44	+ 3,67	+4,15	+ 1,6	+ 6,5	5,55	+1,42	944	+ 75	820	1000	3,5	5	N. 1	0,83	—	—	92
17	733,40	+ 5,60	+ 2,65	+3,11	+ 1,0	+ 4,9	3,85	—0,29	711	—157	510	1000	...	...	NNE. 2	0,33	5,9	+ 1,0	94
18	731,02	+ 3,24	+ 0,76	+1,20	+ 0,1	+ 2,5	3,63	—0,52	764	—103	620	830	...	...	NNE. 3	0,47	4,3	— 0,6	97
19	726,41	— 1,34	— 1,18	—0,76	— 3,0	+ 1,0	3,43	—0,73	836	— 30	780	870	...	...	NNE. 3	0,99	4,1	— 0,7	99
20	726,46	— 1,25	— 3,21	—2,82	— 4,0	— 2,3	2,73	—1,44	769	— 96	720	770	...	...	NNE. 1	1,00	3,6	— 1,2	89
21	727,65	— 0,02	— 2,90	—2,54	— 3,9	— 1,0	3,07	—1,10	841	— 23	760	910	...	...	NE. 1	0,86	4,6	— 0,2	87
22	727,27	— 0,36	— 3,57	—3,25	— 4,5	— 1,6	2,92	—1,26	848	— 15	770	900	...	...	NE. 2	0,51	4,0	— 0,8	87
23	725,68	— 1,90	— 4,76	—4,48	— 5,0	— 3,4	2,61	—1,57	835	— 27	770	890	...	...	NNE. 2	1,00	—	—	86
24	727,50	— 0,04	— 3,84	—3,60	— 5,0	— 2,9	2,61	—1,58	779	— 82	670	910	...	...	NNE. 1	1,00	3,7	— 1,0	86
25	726,05	— 1,45	— 3,53	—3,34	— 4,5	— 1,6	2,75	—1,45	801	— 59	680	870	...	...	NNE. 3	0,72	2,8	— 1,9	93
26	728,40	+ 0,94	— 4,72	—4,58	— 6,7	— 1,4	2,28	—1,92	726	—133	530	900	...	...	NNE. 2	0,35	2,9	— 1,8	86
27	725,33	— 2,09	— 4,18	—4,09	—10,4	+ 0,2	2,64	—1,57	769	— 89	580	970	...	...	NNE. 2	0,25	3,9	— 0,8	86
28	729,73	+ 2,35	— 4,28	—4,24	— 8,2	— 1,0	2,57	—1,65	799	— 58	660	980	...	...	variable	0,38	4,2	— 0,5	82
29	732,08	+ 4,72	— 6,09	—6,11	— 11,5	— 0,5	2,72	—1,50	913	+ 57	750	1000	...	...	SSO. 1	0,18	3,6	— 1,1	82
30	733,34	+ 6,02	— 4,40	— 4,48	— 10,4	+ 3,5	2,98	—1,25	886	+ 31	580	1000	...	...	S. 1	0,27	—	—	81
31	730,14	+ 2,86	— 3,14	— 3,28	— 9,4	+ 2,9	3,02	—1,22	816	— 38	610	1000	...	...	SSO. 1	0,10	4,8	+ 0,1	80

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	726,26	726,47	726,84	726,41	726,11	726,05	726,22	726,49	726,58
2e »	728,77	729,06	729,44	729,02	728,79	728,96	729,11	729,05	729,27
3e »	728,62	728,79	729,07	728,63	727,90	727,84	728,20	728,68	728,94
Mois	727,91	728,13	728,47	728,04	727,61	727,63	727,86	728,09	728,28
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+ 2,11	+ 2,39	+ 3,33	+ 4,61	+ 5,11	+ 4,37	+ 3,45	+ 3,00	+ 2,88
2e »	+ 1,11	+ 0,73	+ 2,25	+ 3,43	+ 4,01	+ 3,47	+ 2,43	+ 2,04	+ 1,28
3e »	— 6,52	— 6,09	— 4,18	— 2,56	— 1,32	— 1,45	— 2,55	— 3,76	— 4,72
Mois	— 1,28	— 1,15	+ 0,32	+ 1,69	+ 2,47	+ 2,01	+ 0,99	+ 0,29	— 0,33
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1er décade	4,74	4,64	4,69	5,04	5,17	5,16	5,00	4,95	4,88
2e »	4,41	4,22	4,13	4,22	4,06	4,09	4,08	4,05	4,07
3e »	2,54	2,55	2,71	2,78	2,92	3,01	2,92	2,80	2,69
Mois	3,85	3,76	3,81	3,97	4,01	4,05	3,96	3,89	3,84
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	888	860	824	802	792	828	856	875	872
2e »	873	861	763	720	665	690	733	750	802
3e »	912	882	808	730	697	731	769	813	848
Mois	892	868	799	750	717	749	785	813	841

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	cm
1re décade	+ 0,65	+ 6,30	0,91	5,78	5,7	95,7
2e »	— 0,19	+ 4,76	0,71	5,22	10,1	91,9
3e »	— 7,23	— 0,62	0,51	3,83	0,0	85,1
Mois	— 2,42	+ 3,35	0,70	4,92	15,8	90,7

Dans ce mois, l'air a été calme 3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,60 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 25°,8 E., et son intensité est égale à 29,0 sur 100.

Digitized by Google

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JANVIER 1870.

Le 2.	brouillard	la plus grande partie de la journée.
9,	id.	une partie de la journée.
10,	id.	depuis 8 h. du matin.
11,	id.	depuis 8 h. du matin à 6 h. du soir.
12,	id.	le matin et le soir.
13,	id.	à 6 h. du matin.
14,	id.	jusqu'à 8 h. du matin.
15.	id.	jusqu'à 4 h. de l'après-midi.
16,17,	id.	tout le jour.
18.	id.	jusqu'à 10 h. du matin et depuis 6 h. du soir.
20,	id.	à peu près toute la journée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM

	mm
Le 4 à 10 h. soir	567,72
12 à 10 h. matin	562,03
16 à 6 h. soir	564,93
22 à 10 h. matin	560,78
24 à 10 h. matin	557,44
30 à 10 h. soir	565,15

MINIMUM.

	mm
Le 1 à 6 h. matin	558,77
10 à 4 h. après-midi	556,09
13 à midi	558,74
19 à 6 h. soir	556,04
23 à 4 h. après-midi	556,28
25 à midi	554,97

Digitized by Google

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	559,06	— 2,30	558,77	559,45	— 6,15	+ 2,46	— 8,2	— 3,9	.....	.....	....	SO. 1	0,91
2	560,90	— 0,43	559,83	561,64	— 8,66	— 0,02	—10,0	— 7,2	.....	.....	....	SO. 1	0,83
3	562,64	+ 1,33	561,25	563,89	— 7,60	+ 1,07	— 8,0	— 6,1	.....	.....	....	variable	0,08
4	566.70	+ 5,41	565,67	567,72	— 3,66	+ 5.04	— 5,5	— 2,2	.....	.....	....	SO. 1	0,06
5	566,98	+ 5,71	566,71	567,49	— 3,55	+ 5,18	— 5,2	— 2,0	.....	.....	....	SO. 1	0,10
6	564,54	+ 3,29	563.40	565,77	— 5,96	+ 2,81	— 8,4	— 3,2	.....	.....	....	SO. 1	0,30
7	563,54	+ 2,31	562,65	564,65	— 4,65	+ 4,15	— 6,8	— 3,0	.....	.....	....	SO. 1	0,44
8	563,25	+ 2,04	562,44	564,32	— 2,90	+ 5,93	— 3,6	— 1,3	.....	.....	....	SO. 2	0,43
9	560,65	— 0,53	559,85	562,43	— 5,43	+ 3,42	— 6,8	— 4,2	.....	.....	....	SO. 2	0,67
10	556,82	— 4,33	556,09	558,12	— 9,63	— 0,76	—10,5	— 8,2	.....	.....	....	NE. 1	0,84
11	560,20	— 0,92	558,83	561,53	—11,94	— 3,05	—14,4	—10,4	.....	.....	....	NE. 1	0,69
12	561,02	— 0,08	559,19	562,03	— 9,18	— 0,27	—10,8	— 5,8	.....	.....	....	NE. 1	0,68
13	559,25	— 1 82	558,74	560.48	—12,25	— 3.32	—14,2	— 9,6	.....	.....	....	NE. 1	0,83
14	561,86	+ 0,82	561,41	562,47	— 5,22	+ 3,73	— 6,7	— 3,8	.....	.....	....	NE. 1	0,51
15	562,86	+ 1,85	561.55	563.73	— 7,62	+ 1,35	—10,2	— 5,8	130	11,8	6	NE. 1	0,74
16	564,02	+ 3,01	563.33	564,93	— 6,54	+ 2,45	— 8,6	— 5,1	65	4,2	10	NE. 2	1,00
17	563,29	+ 2,34	562,18	563,86	—11,83	— 2,82	—14,4	—10,0	.....	.....	....	NE. 2	0,91
18	560,25	— 0,67	559,24	561,00	—16,08	— 7,06	—16,5	—15,0	.....	.....	....	NE. 2	0,68
19	556,49	— 4,40	556,04	557,04	—15,42	— 6,39	—18,8	—12,6	.....	.....	....	NE. 1	0,43
20	556,73	— 4,13	556,25	557.74	—14,40	— 5,36	—15,5	—12,4	.....	.....	...	SO. 1	0,72
21	559,36	— 1,46	558,01	560,59	—14,40	— 5,35	—15,3	—12,4	.....	.....	....	SO. 1	0,37
22	559,71	— 1,08	558,74	560,78	—10,55	— 1,49	—12,0	— 8,2	.....	.....	....	SO. 1	0,03
23	556,42	— 4,34	556,28	556,61	—12,12	— 3,05	—13,5	—11,2	.....	.....	....	SO. 1	0,02
24	557,03	— 3,70	556,45	557,44	—12,00	— 2,93	—13,4	— 9.3	.....	.....	....	NE. 1	0,00
25	555,59	— 5,10	554,97	556,75	—14,44	— 5,36	—15,9	—12,2	.....	.....	....	NE. 1	0,11
26	557,51	— 3.14	556,95	557,90	—13,16	— 4,08	—15,3	—10,5	.....	.....	....	NE. 1	0,00
27	556.29	— 4,32	555,83	557,22	—13,62	— 4,54	—15.2	—10,5	.....	.....	....	NE. 1	0,00
28	560,24	— 0,33	559,22	561,41	—11,69	— 2,61	—13,8	— 8,2	.....	.....	....	NE. 1	0,00
29	562,14	+ 1,60	561,41	563,15	—11,10	— 2,02	—13,4	— 8,3	.....	.....	....	NE. 1	0,00
30	564,42	+ 3,91	563,58	565,15	—10,15	— 1,08	—12,9	— 6,8	.....	.....	....	variable	0,01
31	563,79	+ 3,31	563,64	564,20	— 9,39	— 0,32	—11,7	— 3,6	.....	.....	....	SO. 1	0,00

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	562,70	562,60	562,71	562,43	562,33	562,47	562,51	562,56	562,63
2e »	560,24	560,49	560,85	560,55	560,58	560,74	560,84	560,84	560,61
3e »	558,98	559,03	559,31	559,20	559,19	559,37	559,58	559,77	559,81
Mois	560,59	560,65	560,90	560,68	560,65	560,81	560,93	561,02	560,98
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	— 6,34	— 5,86	— 5,04	— 4,55	— 4,74	— 5,45	— 6,01	— 6,10	— 6,32
2e »	—11,44	—11,40	—10,52	— 9,58	— 9,54	—10,50	—11,09	—11,59	—11,79
3e »	—13,04	—13,28	—11,73	— 9,85	— 9,39	—11,27	—12,55	—12,67	—12,75
Mois	—10,36	—10,28	— 9,18	— 8,05	— 7,94	— 9,15	— 9,97	—10,20	—10,37

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade	— 7,30	— 4,13	0,47	—	—
2e »	—13,01	— 9,05	0,72	16,0	195
3e »	—13,85	— 9,20	0,05	—	—
Mois	—11,47	— 7,52	0,40	16,0	195

Dans ce mois, l'air a été calme 11 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,63 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 23,3 sur 100.

* Voir la note du tableau

Digitized by Google

Digitized by Google

RECHERCHES THERMOCHIMIQUES [1]

PAR

M. JULIUS THOMSEN

TROISIÈME PARTIE [2]

SUR LES ACIDES DU SOUFRE ET DU SÉLÉNIUM

Le nouveau mémoire de M. Thomsen est particulièrement intéressant parce que, outre la connaissance qu'il donne des chaleurs de combinaison des deux acides principaux du soufre et du sélénium, il répond à une question importante que soulevaient naturellement les mémoires précédents, dans lesquels elle avait été laissée complétement de côté, savoir la comparaison des effets calorifiques produits par la combinaison d'un même acide avec diverses bases. Nous regrettons même que l'auteur n'ait pas encore abordé directement cette question si importante, car dans le mémoire actuel il ne fait encore connaître que la différence des effets thermiques produits par la neutralisation des bases par l'acide sulfurique et par l'acide chlorhydrique. Il est vrai que la détermination de cette différence lui était surtout nécessaire pour le but principal qu'il se proposait dans ses recherches, et qui était d'établir les degrés relatifs d'avidité de ces deux acides pour les diverses bases.

[1] *Poggendorff's Annalen*, tome CXXXVIII, p. 497.

[2] Voyez pour les deux premières parties : *Archives*, décembre 1869, tome XXXVI, p. 301, et janvier 1870, tome XXXVII, p. 73.

Digitized by Google

Ne pouvant donner ici tous les détails de ces expériences, nous chercherons cependant à en résumer tous les résultats numériques essentiels dans un tableau général comprenant :

A) Les effets thermiques produits par l'addition d'un équivalent d'acide sulfurique à un équivalent d'un sulfate neutre de sodium, potassium, etc.

B) Effets thermiques produits par l'action d'un équivalent d'acide sulfurique sur un équivalent d'un chlorure métallique.

C) Effets thermiques résultant de l'action d'un équivalent d'acide chlorhydrique sur un équivalent d'un sulfate.

D) Différence des chaleurs de neutralisation d'un équivalent d'une base par l'acide sulfurique et par l'acide chlorhydrique; cette différence n'est autre que celle des résultats obtenus dans les deux réactions précédentes (B-C).

On a joint dans la colonne suivante E les résultats obtenus par MM. Favre et Silbermann pour la détermination de ces mêmes différences.

F) Coefficient de décomposition dans les réactions C (décomposition des sulfates par l'acide chlorhydrique).

G) Avidité de l'acide sulfurique, comparée à celle de l'acide chlorhydrique.

Digitized by Google

	A	B	C	D	E	F	G
	$SO^3.HO$ et SO^3,MO	SO^3,HO et HCl	HCl et SO^3,MO	B—C Thomsen.	Favre et Silbermann		
Sodium....	—935	244	-1682	1926	682	0,67	
Potassium	—824	310	-1594	1904	.427	0,65	0,66 0,515
Ammonium	—706	324	-1480	1804	1154	0,65	
Magnésium	—538	465	-1296	1761	1220	0,59	
Manganèse	—452	528	-1264	1792	840	0,59	
Fer.....	—448	548	-1246	1794	1044	0,58	
Zinc.	—440	562	-1232	1794	2148	0,57	0,58 0,724
Cobalt.....	—413	576	-1218	1794	1406	0.57	
Nickel.....	—396	566	-1191	1757	1520	0,58	
Cuivre.....	—338	626	-1146	1772	1304	0,56	

Dans ces expériences, de même que dans celles qui ont été plus complétement décrites dans un premier article, les matières réagissantes étaient employées en dissolutions étendues de 200 équivalents d'eau.

L'inspection de ce tableau fait naître plusieurs observations.

A) La sursaturation des sulfates par l'acide sulfurique est toujours accompagnée d'une absorption de chaleur considérable, mais qui varie avec la nature des bases. Elle est d'autant plus grande que les bases sont plus énergiques.

B) La réaction de l'acide sulfurique sur les chlorures donne toujours lieu à un dégagement de chaleur, mais qui varie d'une base à une autre ; il croît à mesure que l'énergie des bases diminue.

C) La réaction de l'acide chlorhydrique sur les sulfates est accompagnée d'une absorption de chaleur, crois-

Digitized by Google

sant avec l'énergie des bases de même que la combinaison de l'acide sulfurique avec les sulfates.

D) La différence entre les chaleurs de neutralisation d'une même base par l'acide sulfurique et par l'acide chlorhydrique est sensiblement la même pour la potasse et la soude. Elle est plus faible que dans le cas précédent, mais sensiblement la même aussi pour les sept métaux de la série magnésienne, les différences ne dépassant guère la limite des erreurs possibles. Par rapport à l'ammoniaque cette différence est du même ordre que pour la série magnésienne.

E) Les résultats obtenus par MM. Favre et Silbermann pour la détermination de ces mêmes différences n'offrent aucune analogie avec ceux de M. Thomsen. L'auteur les considère comme absolument inexacts et attribue leur inexactitude à la méthode calorimétrique qu'avaient employée ces savants.

F) L'inspection des nombres inscrits dans les colonnes B et C pourrait faire supposer au premier abord que la décomposition des chlorures par l'acide sulfurique et la décomposition inverse des sulfates par l'acide chlorhydrique varient beaucoup d'une base à une autre. Mais un calcul exact, fondé sur les principes qui ont été établis par M. Thomsen dans le premier de ses mémoires à propos de ces réactions opérées sur les sels de soude, montre qu'il n'en est réellement pas ainsi, et que les différences considérables que l'on observe dans les effets thermiques qui accompagnent ces décompositions sont dues surtout à la différence des quantités de chaleur absorbées par l'action de l'acide sulfurique libre sur les sulfates.

Digitized by Google

En effet le coefficient qui exprime la décomposition qu'éprouvent les sulfates par l'addition d'un équivalent d'acide chlorhydrique paraît être le même, 0,66, pour les trois métaux alcalins, et plus faible mais semblable aussi, 0,58, pour les sept métaux de la série magnésienne.

G) Il en résulte que, si l'on désigne par 1 l'avidité de l'acide chlorhydrique, celle de l'acide sulfurique est 0,515 pour les bases alcalines et 0,724 pour les bases magnésiennes. Si l'on remarque que ces déterminations ne peuvent être qu'approximatives, on pourrait peut-être remplacer ces rapports par les rapports simples $\frac{1}{2}$ et $\frac{3}{4}$.

M. Thomsen décrit ensuite les expériences par lesquelles il a déterminé les chaleurs de combinaison de la soude avec d'autres acides du soufre et ceux du sélénium.

Rappelons d'abord que la neutralisation d'un équivalent de soude par l'acide sulfurique donne lieu à un dégagement de chaleur de 15689^c et que l'addition d'un second équivalent d'acide produit une absorption de chaleur de — 935^c.

Acide sélénique. Chaleur de neutralisation par un équivalent de soude 15196, peu inférieure à celle de l'acide sulfurique.

Par l'addition d'un second équivalent d'acide sélénique, absorption de chaleur de —432^c.

L'addition d'un équivalent d'acide azotique au séléniate de soude donne lieu à une absorption de chaleur de —1134^c, qui prouve que l'avidité de l'acide sélénique est très-voisine de celle de l'acide sulfurique.

Acide sulfureux. Si l'on ajoute à un équivalent de soude des quantités croissantes d'acide sulfureux, on

Digitized by Google

obtient les dégagements de chaleur suivants, qu'il convient de comparer à ceux que produit l'acide sulfurique :

Pour ½ éq.	d'acide sulfureux	7332°	Acide sulfurique	7841°
» 1	»	»	14484	»	15689
» 2	»	»	15870	»	14744

Ainsi l'effet thermique croît proportionnellement à la quantité d'acide jusqu'à un équivalent. Mais la sursaturation donne lieu encore à un dégagement de chaleur sensible, à l'opposé de ce que l'on observe pour l'acide sulfurique.

Acide sélénieux. Il se comporte avec la soude comme l'acide sulfureux, seulement les effets sont un peu moins considérables.

Pour ½	équiv.	d'acide sélénieux	6872°
» 1	»	»	13512
» 2	»	»	14772

Acide hyposulfurique. Sa chaleur de neutralisation par la soude est de 13536c, très-voisine de celles de l'acide azotique et de l'acide chlorhydrique.

Digitized by Google

NOTE

SUR LA

VARIÉTÉ ROUGE DE L'ÉCREVISSE COMMUNE

ASTACUS FLUVIATILIS (RONDELET)

PAR

M. GODEFROY LUNEL.

Comme chacun le sait, la couleur de l'Écrevisse ordinaire est généralement d'un brun verdâtre, tirant plus ou moins au noirâtre; néanmoins, on trouve des individus qui sont d'un bleu d'azur plus ou moins intense, et d'autres dont le test est en entier d'une belle couleur rouge uniforme, ne le cédant en rien à la teinte que prend ce crustacé par l'effet de la cuisson; c'est de cette dernière variété et de quelques observations qu'elle m'a fournies, dont j'aurai à m'occuper dans cette Note.

La variété rouge de l'Écrevisse commune était déjà connue des premiers naturalistes : Wagner [1] la cite comme étant abondante dans la *Dinnera* (Dünnern), petite rivière qui se jette dans l'Aar près d'Olten dans le canton de Soleure. Cet auteur signale, en outre, la variété bleue dans le lac de Lucerne; mais, chose singulière, Latreille, Audouin, Desmarest et Réaumur ne parlent pas dans leurs travaux de l'Écrevisse rouge, et ce n'est guère qu'en 1851 que Valenciennes [2], ignorant l'observation

[1] *Historia naturalis Helvetiæ*, 1680, p. 222.

[2] Variété d'Écrevisses à test entièrement rouge. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, séance du lundi 15 septembre 1851, p. 293.)

Digitized by Google

de Wagner, aurait attiré l'attention sur elle. En effet, à cette époque, cet ichthyologiste présenta à l'Académie des Sciences un individu vivant de l'Écrevisse rouge, lequel, ainsi qu'un autre exemplaire qu'il avait reçu au mois d'avril de la même année de la part de M. A. Passy, provenait des eaux douces de Gisors, où cette variété paraissait être extrêmement rare. Enfin, le premier de ces exemplaires ayant été présenté à la Société Entomologique de France [1], il fut déclaré par quelques-uns de ses membres que cette variété se trouvait aussi dans les ruisseaux des environs de Chartres.

La même année, M. Lereboullet [2], dans une Note sur les variétés rouge et bleue de l'Écrevisse, dit à propos de la première, qu'elle existe dans plusieurs cours d'eau de la vallée du Rhin, d'où on l'apporte souvent sur le marché de Strasbourg, et qu'il en avait déposé quelques exemplaires dans le Musée de cette ville une dizaine d'années auparavant. Depuis lors, l'existence de la variété rouge de l'Écrevisse a été constatée dans d'autres cours d'eau et dans plusieurs lacs, notamment dans celui du Bourget, etc.; elle n'est pas rare dans le Léman et surtout dans le Rhône à sa sortie de ce dernier lac, car l'on peut estimer que les individus de la variété rouge entrent pour le 2 ½ pour cent dans la quantité des Écrevisses qu'on prend annuellement dans ces dernières localités. La variété bleue s'y trouve également, mais elle y est beaucoup plus rare.

Comme on vient de le voir, la variété rouge de l'É-

[1] *Ann. de la Société Entom.*, tome IX, *Bulletin*, p. 48.

[2] Note sur les variétés rouge et bleue de l'Écrevisse fluviatile. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, séance du 6 octobre 1851, p. 376-379. Extrait.)

Digitized by Google

crevisse est assez répandue et même assez abondante dans certains endroits, pourtant son existence est encore ignorée du plus grand nombre et même souvent mise en doute. Il suffirait de rappeler l'étonnement des visiteurs, surtout des Parisiens, à la vue d'une demi-douzaine d'Écrevisses rouges amenées vivantes de Suisse, et introduites dans l'un des aquariums de l'Exposition universelle du Champ de Mars. Dieu sait les commentaires auxquels durent donner lieu ces crustacés pleins de vie et se mouvant dans l'eau, revêtus d'une robe dont la couleur écarlate n'avait évidemment, du moins pour la foule, pu s'obtenir qu'en les passant au court bouillon !

Pendant mon séjour à Paris, dans les premiers mois de l'année dernière, 1869, M. Carbonnier, l'habile pisciculteur, m'ayant témoigné le désir d'avoir quelques Écrevisses rouges vivantes, dès mon retour à Genève je me mis en mesure de les lui procurer, et en moins d'une quinzaine de jours j'eus la chance de réunir une vingtaine de ces crustacés. Je me disposais à en faire l'expédition, lorsque j'en perdis plus de la moitié en une seule nuit; je ne pus attribuer cette mortalité si soudaine à une autre cause qu'à un orage qui avait éclaté dans la journée et avait considérablement élevé la température. Je dus, par conséquent, ajourner mon envoi et renouveler mes provisions. Mais, soit que la saison fût passée, soit pour toute autre cause que je ne saurais préciser, je ne pus recueillir que quelques rares individus, et ce ne fut qu'au commencement du mois d'août suivant, qu'il me devint possible de tenir ma promesse en envoyant à M. Carbonnier une douzaine de belles Écrevisses rouges.

Je m'étais entretenu plusieurs fois avec quelques zoologistes de l'Écrevisse rouge; un fait nous intéressait plus

Digitized by Google

particulièrement, à savoir si cette variété donnait naissance à des petits ayant la même coloration que leur mère.

Voici les quelques observations que j'ai pu faire à ce sujet.

Le 18 mai 1867, un pêcheur me montra une femelle d'Écrevisse rouge portant encore des petits attachés à l'extrémité des appendices des anneaux de sa queue ; ces jeunes crustacés, dont quelques-uns s'étaient déjà séparés de leur mère et se trouvaient au fond du vase, étaient tous d'une belle couleur rouge.

La même personne m'assura avoir déjà remarqué un fait semblable.

Comme je l'ai déjà dit, j'avais perdu la majeure partie des Écrevisses rouges recueillies au printemps; or, parmi les survivantes et celles en petit nombre que j'avais pu me procurer depuis, se trouvaient quelques femelles grenées, c'est-à-dire dont les œufs étaient descendus sous la queue. Je profitai de l'occasion qui m'était offerte, pour faire quelques observations. Malheureusement, je n'avais pas à ma disposition tous les éléments nécessaires pour espérer de bien bons résultats. Néanmoins, je logeai mes Écrevisses, au nombre de sept, dont quatre femelles ayant les œufs dans un état d'incubation plus ou moins avancé, dans un baquet d'environ quarante-deux centimètres de diamètre, avec seulement une dizaine de centimètres d'eau et quelques pierres au fond; ayant soin d'en renouveler l'eau trois ou quatre fois par jour à l'aide d'un tuyau en caoutchouc.

Ces premiers essais ne réussirent guère qu'à demi ; ce qui, du reste, était facile à prévoir, vu les conditions assez précaires dans lesquelles ces crustacés étaient pla-

Digitized by Google

cés. En effet, au bout de quelques jours, je pus m'apercevoir que les œufs de mes pensionnaires ne suivaient pas leur développement normal; ils se détachaient peu à peu des femelles et roulaient au fond du baquet où ils étaient ordinairement mangés par leurs parents.

Je recueillis quelques-uns de ces œufs nouvellement détachés et les plaçai séparément, dans des verres à boire dont je renouvelais l'eau fréquemment. Beaucoup de ces œufs périrent en peu de temps et devinrent blanchâtres; cependant, j'eus la satisfaction d'en voir un certain nombre continuer à se développer, quelques-uns même arriver presque à l'éclosion, sans toutefois aller plus loin. Les embryons se couvraient d'une espèce de moisissure ou de mousse blanche, transparente et ressemblant à de la toile d'araignée très-fine.

J'ai remarqué que les embryons, à mesure qu'ils se développaient, prenaient une coloration rouge toujours plus prononcée et bien différente de la teinte seulement rosée qu'ont les embryons de l'Écrevisse ordinaire, quand approche le moment de l'éclosion, ce dont j'ai pu m'assurer par la comparaison.

J'en étais là de mes observations, quand le 12 mai mon pourvoyeur d'Écrevisses rouges me remit une belle femelle de cette variété dont les œufs étaient dans un état d'incubation qui paraissait très-avancé. Je plaçai la nouvelle arrivée dans un grand bocal en verre blanc, et lui donnai tous les soins dont j'étais capable; je pus, de cette manière, suivre à travers le bocal, et jour par jour, le développement de ses œufs qui, du reste, ne m'offrit rien de bien particulier et qui ne fût déjà connu. Enfin, vingt et un jours après, c'est-à-dire le 2 juin, j'eus le plaisir de voir marcher au fond du vase, une vingtaine de

Digitized by Google

jeunes Écrevisses ayant environ 15 millimètres de long.

Ces petits crustacés, en tout semblables à leur mère, avaient le corps très-diaphane, d'une belle couleur rouge vermillon, et non d'un blanc grisâtre comme l'ont à leur naissance les jeunes de l'Écrevisse ordinaire.

J'avais introduit dans le bocal une certaine quantité de brachiopodes des genres *Cypris* et *Daphnie*, pour servir à l'alimentation de mes jeunes Écrevisses; malgré ces soins, je les vis à regret se couvrir de mousse et périr l'une après l'autre au bout de deux jours. L'Écrevisse mère mourut elle-même le troisième jour après l'éclosion de ses œufs.

Je dois ajouter que, pendant leur courte existence, les petites Écrevisses venaient chercher un refuge sous la queue de leur mère et que celle-ci, pendant tout le temps que j'ai pu la garder, s'est montrée très-irritable ; il suffisait de s'approcher du bocal où elle était, pour la voir soulever son corps et s'avancer de votre côté, dirigeant en avant ses antennes et ses pinces; mais sitôt qu'elle croyait le danger passé, elle retournait se blottir dans un coin ou sous une pierre, et s'y tenait immobile jusqu'à ce qu'une nouvelle alerte vînt l'en faire sortir.

Ainsi que j'ai pu le vérifier moi-même, et qu'il l'a été remarqué chez les Écrevisses de l'Aquarium de l'Exposition de Paris, au moment de la mue, les Écrevisses rouges prennent une teinte brunâtre; mais une fois cette opération terminée, leur test est de nouveau d'un rouge éclatant. Enfin, cette couleur pâlit et souvent passe au rose lorsque l'animal est malade.

Les observations qui précèdent, quoiqu'en petit nombre, et la quantité relativement assez considérable d'individus de la variété rouge de l'Écrevisse ordinaire, feraient

Digitized by Google

croire que cette variété ne serait pas simplement accidentelle, mais pourrait bien se perpétuer par voie héréditaire, et que, sans nier la possibilité de quelques cas de croisement entre les individus de celle-ci et ceux de la couleur ordinaire, les mâles rouges rechercheraient de préférence pour s'accoupler, au temps des amours, des femelles de leur couleur. Il n'en serait pas de même de la variété bleue: cette coloration, purement accidentelle et qui est plus ou moins intense suivant les individus, apparaît ordinairement aussitôt après une mue, puis elle disparaît sensiblement au bout de quelques mois, pour faire place à la couleur brun noirâtre, qui est la coloration ordinaire de ce décapode.

De nouvelles recherches faites plus en grand, et dans des conditions plus favorables, amèneront sans doute la solution de ces questions intéressantes.

Digitized by Google

ÉVAPORATION
DU SOL ET DES PLANTES

PAR

M. EUGÈNE RISLER

2me MÉMOIRE [1].

J'ai cherché, dans le cours de l'année 1869, à déterminer plus nettement qu'en 1867 et 1868 les quantités d'eau évaporées chaque mois. A cet effet, j'ai pris, le dernier jour du mois, des échantillons de terre à diverses profondeurs et en divers endroits du champ qui sert à mes observations. Après avoir pesé ces échantillons, je les desséchais dans une étuve à huile, dont je maintenais la température de 110° à 113° jusqu'à ce qu'il n'y eût plus de diminution du poids. J'ai obtenu ainsi les chiffres des colonnes 3e, 4e et 5e du tableau ci-dessous, chiffres au moyen desquels j'ai pu faire les corrections indiquées dans la 6e et 7e colonne, et arriver aux quantités d'eau évaporée que la dernière colonne donne en millimètres. Je me rapproche ainsi de la réalité, sans toutefois l'avoir encore atteinte complétement; car, d'un côté, je n'ai pris mes échantillons de terre qu'à une profondeur maximum de 35 c.; je ne connais donc pas les variations d'humi-

[1] Voir les *Archives des Sciences phys. et natur.*, septembre 1869, tome XXXVI, p. 27. — Dans ce premier mémoire, à la page 31, 6me ligne et suivantes, lisez 2 °/₀ d'eau au lieu de 20 °/₀, comme le montre du reste la suite du calcul.

Digitized by Google

dité qui se sont produites plus bas. D'un autre côté, les rosées et la vapeur d'eau, puisées dans l'air par la surface ameublie du champ, ont exercé une influence que je n'ai pas encore essayé d'apprécier.

1869	Pluie tombée.	Eau écoulée par les drains.	Différence.	Humidité contenue dans le sol à une profondeur de 20c.	de 35c	moyenne	Variations de l'humidité en 0/0	en millimèt.	Évaporation réelle en millimètres.
	mm	mm	mm	0/0	0/0	0/0			
Janvier	47,85	23,22	24 63		25	25			24,63
Février	67,67	40,67	27,00		24	24	+1	+1	31,00
Mars...	63,25	48,13	15,12		25	25	-1	-4	11,12
Avril...	35,75	0	35,75		21	21	+4	+16	51,75
Mai...	124,35	2,73	121,62	16	19	17,5	+3,5	+14	135,62
Juin....	69,15	1,26	67,89	17,6	16,[illegible]6	17,18	+0.32	+ 1,28	69,17
Juillet.	44,70	0	44,70		15,61	15,61	+1,57	+ 6,28	0,98
Août...	41,85	0	41,85	13,41		13,41	+2,20	+ 8,80	50,65
Sept....	80,60	0	80,60	[illegible],25	10.41	9.[illegible]3	+3,58	+13,32	93,92
Oct....	34,65	0	34,65	13,82	11,1	12,46	-2,68	-10,52	24,13
Nov....	123,50	8,50	115,00	15, 1	20,0	17,85	-4,39	-17,56	97,44
Déc....	81,55	34,48	47,07	23,68		23,68	-5,83	-23,32	23,25
Total de l'année	814,87	158,99	655,58						683,56

D'après ce tableau, on voit que la quantité de pluie tombée en 1869, et la quantité absolue d'eau évaporée, ont été plus faibles qu'en 1867 et 1868. Par contre, le rapport entre l'eau évaporée et l'eau tombée est plus élevé : il s'est évaporé 83,88 % de la pluie tombée, tandis que, dans les deux années précédentes, ce n'était que 70 % environ. L'année 1869 a été, en effet, une année exceptionnellement sèche dans le canton de Vaud ; beaucoup de sources ont tari, et la plupart des récoltes ont souffert par le manque d'eau. On peut donc considérer une évaporation de 84 % de la pluie tombée dans l'an-

Digitized by Google

née comme maximum possible, ou comme très-rapprochée du maximum possible, dans les conditions où les observations ont été faites. Dans la même localité, elle ne pourrait être plus grande que pour une terre forte, non drainée, c'est-à-dire impropre à une bonne agriculture, ou sur un plateau argileux et dont la surface ondulée retient l'eau dans ses dépressions, sous forme d'étangs et de marais malsains. Elle est également plus intense sur une surface aqueuse, comme le lac.

Une terre labourée expose à l'air une plus grande surface qu'une terre non labourée. Par conséquent, elle évapore plus qu'une terre non labourée, quand la tension de la vapeur d'eau qu'elle émet est plus grande que celle de l'air. Au contraire, elle absorbe plus d'humidité atmosphérique, quand la tension de la vapeur d'eau y est moins grande que celle de l'air.

Un sol couvert de végétaux évapore plus qu'un sol nu, parce que la surface évaporatrice des feuilles s'ajoute à celle du sol lui-même. L'ombre que les feuilles font *au-dessous* d'elles diminue, il est vrai, jusqu'à un certain point l'évaporation directe du sol; mais cette diminution est plus que compensée par l'accroissement d'évaporation qui se produit *au-dessus* des feuilles. On peut s'en assurer facilement en comparant de temps en temps le poids de plusieurs pots de même grandeur, remplis de la même quantité de terre, arrosés avec la même quantité d'eau, et tous enterrés dans le sol, mais dont les uns sont couverts de végétation, tandis que les autres sont nus. C'est ainsi, par exemple, que M. Marié-Davy a trouvé, pour la hauteur d'eau en millimètres évaporée du 20 au 28 juillet 1869 :

Digitized by Google

Par le sol nu. 29mm,89
Par un gazon 53mm,72
Par un sapin epicœa . . . 34mm,01
Par un buis en arbre . . . 38mm,05

A la fin du mois d'août 1869, j'ai pris des échantillons de terre, les uns à une profondeur de 15 à 20 centimètres, les autres à une profondeur de 40 à 45 centimètres, dans divers endroits assez rapprochés les uns des autres du plateau d'argile glaciaire qui fait partie de ma propriété de Calèves, près de Nyon. J'ai déterminé la quantité d'eau renfermée dans ces échantillons, et voici les résultats auxquels je suis arrivé :

	Humidité renfermée dans le sol à une profondeur de		DATE.
	0m,15 à 0m,20	0m,40 à 0m,45	
Champ, chaume d'avoine non labouré depuis la moisson. . .	7,57 °/o	17,38 °/o	26 août
Champ qui avait porté des vesces hivernées et avait été labouré en juillet après la récolte.	11,00	18,20	26 août
Vigne	9,25	10,41	24 août
Terre de jardin potager, endroit non arrosé, non planté de légumes, mais voisin d'arbres fruitiers	15,00	17,05	25 août
Bois ; taillis de chênes de neuf ans.	10,57	13,95	26 août
Bois ; futaie de chênes de 35 à 40 ans	9,53	7,54	26 août
Pins de 20 ans souffrant de la sécheresse	12,85	4,46	26 août

Ainsi, déjà à la fin d'août, le sol des bois était plus sec

Digitized by Google

que celui des champs, et cette différence s'est encore accrue dans la suite, parce que les pluies de l'automne n'ont pas été très-fortes; dans les champs, elles ont, à partir d'octobre, augmenté l'humidité que contenait la couche arable, et peu à peu cette humidité s'est répartie de proche en proche dans le sous-sol. Mais la plupart de ces pluies d'automne se sont arrêtées au feuillage des forêts, et se sont évaporées avant d'avoir pu atteindre le sous-bois.

J'en conclus qu'un sol couvert de forêts évapore plus d'eau qu'un sol nu. Les arbres ressemblent à des drainages verticaux plantés dans la terre, dont ils sucent l'humidité pour l'envoyer dans l'atmosphère, à travers l'énorme surface d'évaporation que porte leur feuillage.

Je ne me permets pas de m'inscrire, dès à présent, en faux contre l'influence qu'on attribue aux forêts sur l'alimentation des sources. C'est une question très-complexe, dont la solution peut varier suivant la valeur des différents facteurs qui y interviennent. Mais les ob-observations que je viens de présenter montrent que les forêts *consomment* plus d'eau qu'on le croit en général. En *reçoivent*-elles plus d'un autre côté? Forment-elles, comme on l'a dit, de vastes appareils de condensation, grâce à la température plus basse qui y règne? J'en doute fortement; car, si la température y est plus basse pendant le jour, elle y est presque toujours plus haute pendant la nuit. Mais cet élément de la question ne peut être fixé que par des observations pluviométriques précises et prolongées. Dans les bois où j'ai pris mes échantillons de terre, le surplus de l'évaporation causée par les arbres a dépassé le surplus de condensation de pluie qu'ils ont provoqué. Mais ce sont des bois de petite étendue; ils

Digitized by Google

n'ont ensemble que 12 hectares, et il est fort possible que les effets produits soient différents pour les forêts qui couvrent de grands espaces.

De plus, *il faut distinguer les forêts de plaines et les forêts de montagnes.* Dans les montagnes, la question se complique encore d'un facteur nouveau : sur les pentes rapides, les forêts forment par leurs racines, leurs troncs rapprochés et ce fouillis de végétation qui en remplit les intervalles, une sorte de clayonnage naturel qui retient la terre végétale et tous les débris qui résultent de la décomposition des roches sous-jacentes. Faites une coupe rase. Les pluies, tombant avec violence sur ces pentes déboisées, les ruineront, entraîneront avec elles la terre végétale et les fragments de roches qui iront encombrer les lits des torrents et des rivières, et bientôt il ne restera plus sur les flancs de la montagne que la surface nue des roches. Si ces roches sont perméables, elles boiront encore une certaine quantité d'eau et en formeront des sources dans les vallons, mais ces sources seront moins abondantes et moins régulières qu'aux temps où les forêts existaient encore. Si les roches sont compactes et imperméables, les eaux des pluies courront à leur surface avec une vitesse multipliée par la déclivité de la pente et iront rapidement grossir le débit des rivières dont le lit, rétréci et obstrué par les matériaux qui s'y déposent, forcera le contenu à se répandre sur les rives en inondations désastreuses.

En 1869, le champ qui sert à mes observations a porté en partie du blé, en partie du trèfle, et sur le reste des pommes de terre. L'évaporation a donc dû y être plus active que si la surface était restée nue. Sur les

Digitized by Google

683^{mm},56 d'eau évaporée, quelle est la proportion qui a passé à travers les plantes et servi à l'alimentation des récoltes?

Pour nous faire une notion approximative de cette quantité, prenons comme base les analyses de M. Boussingault, l'autorité la plus compétente en ces matières.

Une récolte de froment de 1342 kilogrammes de grains (environ 17 hectolitres, récolte moyenne) et 3058 kilogr. de paille contient 995 kilogrammes d'eau de végétation. De plus, elle contient 186^{k},3 d'hydrogène qui correspondent à 931^{k},5 d'eau. Au moment où on l'enlève du sol, la récolte renferme donc les éléments de 1926^{k},5 d'eau, ce qui ne ferait qu'une hauteur d'eau de près de $\frac{2}{10}$ de millimètres. On peut y ajouter environ $\frac{1}{3}$ de plus pour les racines.

Pour estimer l'eau qui s'est évaporée après avoir simplement servi de véhicule aux aliments puisés par le froment dans le sol, nous pouvons nous servir d'un rapport qui a été déterminé à la suite d'expériences très-exactes par MM. Lawes et Gilbert, à Rothamstedt, en Angleterre. Ces Messieurs ont trouvé que pour 1 gramme de matière sèche produite, il y a en moyenne 225 grammes d'eau évaporée par les feuilles du froment. Il y aurait donc eu 1021800 kilogrammes d'eau évaporée par hectare de froment, ce qui correspond à une hauteur d'eau de 102^{mm},18. Le froment d'hiver est presque toujours assuré de trouver assez d'eau pour subvenir à ces besoins, parce que sa végétation la plus active se fait au printemps, quand la plupart des terres renferment encore une provision d'eau tombée pendant l'hiver qui s'ajoute aux pluies de mars, d'avril et de mai. Il faut

Digitized by Google

même que le sol et l'atmosphère ne soient pas trop humides pour que le blé monte en épi. Peut-être est-ce en partie à cause de cette sécurité relative de rendement que la plupart des peuples ont basé leur alimentation sur le froment d'hiver.

Des calculs analogues montrent qu'une récolte de trèfle de 21600 kilogrammes à l'hectare en vert ou 5100 kilogrammes en sec (deux coupes) emploient, en y comprenant les racines, les chaumes et les feuilles laissées dans le champ, 175^{mm},96 d'eau. La période de végétation, du moins celle qui fournit les deux coupes, dure de quatre à cinq mois; il faut donc au trèfle de 35 à 44 millimètres d'eau par mois. Si nous ajoutons à cela l'eau que le sol perd directement, nous voyons que nous sommes bien près de la limite que les pluies peuvent donner en été dans nos climats, et nous comprenons pourquoi il arrive quelquefois, surtout dans les terres légères, que la deuxième coupe du trèfle manque ou est très-faible. Par exemple, en 1869, le mois de juillet n'a eu que 44^{mm},70 de pluie, le mois d'août 41,85; et dès le commencement de juillet les terres n'avaient plus aucune réserve d'eau. Aussi n'a-t-il pas valu la peine de faucher pour la deuxième fois le trèfle que j'avais dans le champ qui sert à mes observations.

M. Marié-Davy a trouvé qu'un gazon évaporait du 20 au 28 juillet près de 7 millimètres d'eau par jour. Il a fait, il est vrai, très-chaud pendant ces huit jours et le gazon était arrosé. Mais Schübler en Allemagne avait trouvé un chiffre encore plus fort. Si nous le prenons comme base pour nous rendre compte des recettes et des dépenses en eau de nos prés, nous trouverons que la

Digitized by Google

première coupe de ces prés épuise ordinairement à peu près toutes les ressources que lui offrent les réserves de l'hiver et les pluies qui tombent du 15 avril au 15 juin. Le regain est chose précaire dans la région des vignes au sud de la Suisse. En 1869, la fin de juin, juillet et août n'ont donné que 140 à 150 millim. de pluie, soit environ 2 millim. par jour. Si cette pluie tombe par petites fractions, elle mouille à peine le gazon jauni ; elle s'évapore de nouveau rapidement. Il vaut mieux qu'elle tombe plus rarement, mais en plus grande quantité; alors, elle peut du moins pénétrer dans la terre et celle-ci en conserve une partie qu'elle cède ensuite aux plantes. On sait d'ailleurs que le regain se compose principalement de plantes à racines profondes qui trouvent plus facilement à s'alimenter pendant l'été que les graminées à racines superficielles.

On voit combien la production agricole de chaque pays dépend, non-seulement de la température et de la lumière, mais aussi de l'abondance et du mode de répartition des pluies qui y tombent.

Maximum de sécheresse que les plantes peuvent supporter.

J'ai fait dans le courant de l'année 1868, du 29 juin au 1er septembre, des expériences directes pour essayer de déterminer la limite de la sécheresse qu'un certain nombre de plantes peuvent supporter.

Le 29 juin, j'ai rempli neuf grands pots à fleurs chacun de 28 kilogrammes de terre dont l'humidité avait été déterminée ; elle était de 9,8 °/₀. Puis, j'ai semé ou planté dans ces pots de l'avoine, du blé, du maïs, des

Digitized by Google

pois, des vesces, des pommes de terre et des betteraves. Dans deux pots, je ne semai rien du tout, afin d'avoir un terme de comparaison pour la quantité d'eau puisée dans la terre par les plantes[1]. Les pots étaient placés dans une serre à l'abri de la pluie, mais exposés au soleil. Les fenêtres étaient ouvertes de manière à favoriser la circulation de l'air. Cette circulation était même très-active et, comme il a fait très-chaud pendant la durée des expériences et que les pots n'étaient pas enterrés, mais exposaient leurs parois à l'action du soleil, l'évaporation était beaucoup plus grande qu'elle est en général dans les champs ou dans les jardins.

De temps en temps j'arrosais mes pots avec des quantités bien déterminées d'eau. Puis, quand l'évaporation avait fait disparaître une partie de cette eau, il me suffisait de peser les pots pour apprécier combien il en restait dans la terre. Quand mes plantes eurent pris un certain développement, je diminuai les arrosements et les suspendis à plusieurs reprises pour observer jusqu'à quel point elles pourraient résister à la sécheresse. Voici les résultats que j'ai trouvés :

[1] Ces expériences peuvent servir à confirmer celles de M. Marié-Davy que j'ai citées plus haut. Mais, comme l'évaporation y a été exagérée, les chiffres qu'elles ont donné pour l'eau évaporée sont beaucoup trop élevés. L'évaporation aurait été, d'après elles, pour la betterave de 70 kilogrammes d'eau, pour les pommes de terre de 90, l'avoine 30, le sarrasin 30, le blé 60, le maïs 80, les pois 50. — La surface des pots avait un diamètre de 32 centimètres.

Digitized by Google

	le 15 juillet	le 27 juillet	le 5 août	le 10 août	le 1er sept.
Humidité de l'air	72 0/0	55 0/0	79 0/0	63 0/0	69 0/0
Maximum de température à l'ombre au dehors de la serre	26°,7	32°,7 avant un orage.	24°,8 après une pluie.	32°,8	26°,4
Betteraves....	12,55 °/o d'humidité suffisent.	8,13 °/o feuill^s fanées	7,46 °/o f^lles très-fanées.		
Pommes de terre.		11,08 °/o suffisent.	9.21 °/o suffisent.	10.27 °/o f^lles fanées.	6,5 °/o plant. sèches
Avoine.....	13,53 °/o suffisent.	10.12 °/o feuill^s fanées	10.13 °/o feuilles relevées.	10.50 °/o suffisent.	6,7 °/o plant. sèches
Sarrasin.....	16,72 °/o suffisent.	16.67 °/o feuilles un peu fanées	12.96 °/o f^lles très-saines.	13 °/o feuilles très-saines.	7,8 °/o légèrement fané.
Blé.....	15,00 °/o suffisent.	10.92 °/o feuill^s fanées	10,78 °/o plantes moisies.		
Maïs.....	16,13 °/o suffisent.	12 44 °/o f^lles flasques	12,01 °/o suffit juste	11,98 °/o commence à souffrir.	7,6 °/o plantes fanées.
Pois	15.61 °/o suffisent.	11,70 °/o feuill^s fanées	10,77 °/o feuilles sèches.		
Vesces.....	15 40 °/o suffisent.	11,40 °/o feuill^s fanées	11 79 °/o feuilles sèches.		

Ces résultats ne permettent pas d'indiquer avec une précision parfaite la limite de sécheresse que peuvent supporter les plantes observées. Cette limite paraît varier avec l'état de l'atmosphère. Le 27 juillet, toutes les plantes, sauf la pomme de terre, avaient des feuilles flasques et pendantes. Le 5 août, l'avoine, le sarrasin et le maïs avaient repris un aspect très-vigoureux, et cependant la terre était plus sèche le 5 août que le 27 juillet.

La limite varie également avec la période de dévelop-

Digitized by Google

pement dans laquelle se trouvent les plantes. Celles de nos expériences n'ont pas dépassé la floraison. Le blé, peu habitué à être semé à la fin de juin, s'est couvert de moisissures.

D'ailleurs, une plante ne meurt pas tout d'un coup. Par exemple, la betterave, quand elle est surprise par la sécheresse, nourrit pendant quelque temps ses feuilles nouvelles aux dépens de sa racine.

Voici l'ordre dans lequel on pourrait ranger les plantes observées d'après le degré de sécheresse qu'elles peuvent supporter.

Sarrasin	8 °/₀
Pommes de terre . .	9 à 10 °/₀
Avoine.	10 à 11 °/₀
Maïs	11 à 12 °/₀
Pois	12 °/₀
Vesces	12 °/₀

Dans les pots où elles végétaient, toutes ces plantes avaient leurs racines à peu près à la même profondeur. Mais il n'en est pas ainsi dans la grande culture.

En plein champ, les végétaux dont les racines sont les plus profondes, comme celles de la luzerne et de la vigne, ont le plus de chances de résister à la sécheresse, parce qu'en général les couches profondes du sol sont plus humides que les couches superficielles.

Cependant, il ne faudrait pas croire que la terre est toujours plus sèche près de sa surface qu'à un demi-mètre ou un mètre de profondeur. A plusieurs reprises, j'ai trouvé à la fin de l'été ou en automne, la terre plus humide à 10 ou de 20ᶜ profondeur qu'à 60 ou 80ᶜ. Cet excès d'humidité provenait des pluies récentes ou des rosées. Les plantes à racines superficielles, comme le

Digitized by Google

sarrasin ou la pomme de terre, peuvent le mieux profiter de ces rosées. De là vient que souvent on voit leurs feuilles flétries dans l'après-midi, se relever le soir, dès que la rosée a été absorbée. Quoique moins développées, ces racines superficielles ne manquent pas non plus à l'avoine et au maïs. La vigne en a immédiatement au-dessous de la couche de terre qui a été rompue par le fossoir et s'alimente d'autant mieux que cette couche, plus meuble, peut mieux condenser l'humidité atmosphérique.

Voici encore quelques observations sur les propriétés physiques des terres dont il s'agit :

Maximum d'humidité renfermée dans le sol.

Dans les échantillons de terre égouttée, pris à diverses profondeurs, mais toujours au-dessus du plan des eaux, quand les drains coulent encore, ou à côté des tuyaux, quand ceux-ci ont cessé de couler depuis peu d'heures, je n'ai jamais trouvé plus de 25 °/₀ d'eau.

Pourtant, en déterminant la faculté d'absorber et de retenir l'eau que possèdent ces mêmes terres par la méthode usuelle, celle de Schübler, c'est-à-dire, en en mettant une certaine quantité bien desséchée dans un entonnoir muni d'un filtre, la saturant d'eau, laissant le tout s'égoutter et comparant ensuite le poids de la terre mouillée avec le poids primitif, j'ai trouvé ordinairement plus de 40 °/₀, quelquefois jusqu'à 43 °/₀.

Cette grande différence doit provenir de la cause suivante :

Dans une terre drainée artificiellement, au moyen de tuyaux, ou naturellement par un sous-sol perméable, il tend toujours à se produire une différence de pression

Digitized by Google

entre l'air à l'intérieur des tuyaux ou du sous-sol et l'air à la surface du champ. Cette différence de pression s'ajoute au poids de l'eau pour la faire descendre dans les drains ou dans le sous-sol. Mais pour la terre qui remplit l'entonnoir, cette différence de pression n'existe pas. Il faudrait, pour déterminer la faculté de retenir l'eau que possède une terre, employer l'appareil que M. Bunsen a imaginé pour hâter les filtrations, en produisant au-dessous des filtres, un vide relatif, au moyen d'un filet d'eau qui entraîne une certaine quantité d'air. Cet ingénieux appareil [1] agit à peu près comme les drains dans un champ. Comme ces drains, il égoutte d'autant mieux les matières déposées sur le filtre que la chute de l'eau est plus grande. En effet, la différence entre la pression de l'air qui s'exerce à la surface de ces matières et celle qui subsiste au-dessous de ces matières est proportionnelle à la hauteur de la chute. Dans un champ, elle serait donc proportionnelle à la pente des drains.

Je dois cependant remarquer que, même dans un appareil de ce genre, la terre ne se trouve pas dans des conditions qui lui permettent de s'égoutter aussi bien que dans un champ. Le filtre étant plus étroit à sa partie inférieure qu'à sa partie supérieure, il s'y produit un étranglement qui resserre la terre et diminue, jusqu'à un certain point, la sortie de l'eau.

Si, pour déterminer sa faculté de retenir l'eau, on met la terre dans une capsule, verse l'eau dessus et remue ou pétrit le tout, au lieu de se borner, comme je l'ai dit tout à l'heure, à verser l'eau sur la terre placée dans un filtre, on trouve, après avoir laissé la terre s'égoutter sur un filtre, qu'elle retient encore plus d'eau; je suis ainsi ar-

[1] M. Marignac l'a décrit dans les *Archives*.

Digitized by Google

rivé jusqu'à 56 % pour la terre qui m'avait donné 43 % par la méthode de Schübler, et 25 % seulement, quand je la desséchais à l'étuve après l'avoir prise dans un champ drainé.

Cette nouvelle différence s'explique encore aisément. Quand je verse l'eau dans la capsule remplie de terre, quand je remue le tout, et mieux encore, quand je le pétris, je force l'eau à déplacer l'air renfermé dans les interstices et les pores les plus petits de la terre. Il n'en est pas ainsi dans un champ à sous-sol perméable ou drainé. Pendant les périodes de sécheresse, une grande partie de ces mille et mille canaux capillaires qui le traversent en tous sens sont restés remplis d'air. Quand la pluie vient à tomber, l'eau absorbée refoule cet air et y détermine, comme l'a montré M. Jamin, des pressions énormes qui s'opposent à une absorption plus complète et la forcent à s'en aller là où elle trouve moins d'obstacles à vaincre, c'est-à-dire, dans le sous-sol ou dans ces drains. On peut donc admettre que, dans la nature, une terre, quelque argileuse qu'elle soit, si elle a une fois été bien desséchée, et si elle n'est pas imprudemment travaillée et pétrie par ces instruments aratoires ou les pieds des animaux qui y labourent avant qu'elle se soit assez égouttée, ne contient jamais le maximum d'eau que l'on pourrait lui faire absorber par les méthodes qui sont indiquées dans les traités d'agronomie.

Digitized by Google

DE LA POUSSIÈRE

QUI FLOTTE DANS L'AIR ATMOSPHÉRIQUE

M. Tyndall vient de faire à l'Institution royale de Londres une conférence qui a excité un très-grand intérêt. Elle avait pour objet l'étude de la poussière atmosphérique et l'influence de cette poussière sur les maladies épidémiques. Rappelons en peu de mots, avant de rendre compte des ingénieuses expériences de M. Tyndall et des conséquences intéressantes qu'il en tire, le point exact où en était la question au moment où elle a été abordée par le savant professeur anglais.

A la suite de travaux nombreux et importants sur la génération spontanée, un savant français, M. Pasteur, avait résumé, dans un Mémoire très-complet [1], les recherches qu'il avait faites sur ce sujet et en particulier sur la présence dans l'atmosphère de corpuscules organiques, cause véritable de la génération appelée, par erreur, spontanée. Il avait réussi, en filtrant l'air à travers du coton poudre, et en dissolvant dans l'alcool ce coton, a recueillir un très-grand nombre de ces corpuscules qui, vus au microscope, se sont montrés organisés. Il a montré que ces corpuscules disparaissent quand on fait passer l'air où ils sont suspendus à travers un tube de platine porté au rouge; de l'air calciné ainsi devient inactif, et ne produit plus, en étant mis en contact avec un liquide, les moisis-

[1] *Annales de Chimie et de Phys.*, 3me série, tome LXIV, p. 5 (1862).

Digitized by Google

sures et autres altérations qu'on attribuait à la génération spontanée. Il en est de même de l'air pris à de grandes hauteurs, et même, sauf de rares exceptions, de l'air pris au fond d'une cave, ce qui tient à ce que cet air non agité laisse tomber les poussières à la surface du sol, dans l'intervalle des agitations qu'un observateur peut y provoquer par ses mouvements et par les objets qu'il y transporte. Tous ces faits ont été établis de la manière la plus irréfutable par M. Pasteur, les derniers en particulier, en opérant sur de l'air pris dans les caves de l'Observatoire de Paris.

Il résulte donc des nombreux travaux entrepris par M. Pasteur en vue d'expliquer le phénomène des générations, dites spontanées, que l'atmosphère est généralement chargée, en plus ou moins grande proportion, de matières organiques, dont la plupart sont des germes qu'on ne peut apercevoir qu'au moyen du microscope. Ce fait, déjà soupçonné par plusieurs savants, établi d'une manière certaine par l'habile chimiste français, me conduisit à croire qu'il pourrait donner l'explication d'un phénomène bien connu des physiciens, et déjà signalé par de Saussure dans un Essai sur l'hygromètre. Voici comment je m'exprimai, en 1865, dans le discours d'ouverture que je prononçai le 21 août, en ma qualité de Président de la Société helvétique des Sciences naturelles, qui se réunissait cette année-là à Genève [1] :

« L'importance du rôle que joue dans les phénomènes astronomiques la transparence plus ou moins grande de l'atmosphère n'est ignorée de personne; il y a plus, cette transparence est elle-même un phénomène météorolo-

[1] Voyez *Bibl. Univ.* (*Archives*), tome XXIV, p. 54 et suivantes.

Digitized by Google

gique des plus curieux. Il n'est pas un habitant de nos vallées qui ne sache que l'un des présages les plus certains de la pluie est la netteté, accompagnée d'une coloration azurée, avec laquelle on aperçoit quelquefois les montagnes éloignées. Cet aspect accuse la présence d'une grande humidité dans l'air; mais on se demande comment il se fait que cette humidité facilite la transmission de la lumière, tandis qu'elle arrête celle de la chaleur rayonnante.

« Notre atmosphère, surtout dans ses courbes rapprochées du sol, est, ainsi que cela résulte des belles recherches de M. Pasteur, remplie d'une foule de germes organiques, qui sont naturellement opaques, mais qui deviennent transparents en vertu de leur nature éminemment hygrométrique, quand ils absorbent l'eau qui se trouve dans l'air où ils flottent. Lorsque l'atmosphère est sèche, il leur arrive en général de former comme un léger brouillard, qui intercepte un peu la lumière des objets éloignés; mais dès que survient une humidité générale et un peu forte, le brouillard disparaît, soit parce que les germes qui le formaient sont devenus transparents, soit parce que l'eau qu'ils ont absorbée les ayant rendus plus pesants, ils sont tombés sur le sol. Telle serait, suivant nous, la cause la plus fréquente de ces changements si frappants dans la transparence de l'atmosphère, qui se manifestent souvent de la manière la plus inopinée, mais qui coïncident toujours avec des variations d'humidité. N'y aurait-il donc pas quelque intérêt à comprendre le degré plus ou moins grand de transparence de l'atmosphère dans le nombre des éléments météorologiques soumis à une détermination régulière, et à en saisir les rapports avec la pression, la température, l'humidité et

Digitized by Google

la hauteur de la couche d'air où se fait l'observation? C'est là une question que je vous soumets, Messieurs, en ajoutant que, grâce à un appareil construit dans ce but, d'après les conseils et sous la direction de M. Thury, et que j'aurai l'honneur de mettre sous les yeux de la Société, ce genre d'observation pourrait se faire avec facilité et exactitude. »

L'appareil dont il s'agit, qu'on pourrait nommer un *photomètre atmosphérique*, avait été installé à l'Observatoire de Genève, où il fut visité et étudié par un grand nombre de savants réunis à cette époque à Genève. Il a dès lors été utilisé pour des observations dont j'ai déjà recueilli un grand nombre, et dont je ferai connaître incessamment les résultats.

Plus tard, en 1867, je communiquai à l'Académie des Sciences de Paris [1] une notice dans laquelle je donnai une description détaillée du nouveau photomètre, en la faisant précéder de quelques considérations sur l'application que je voulais en faire à la détermination de la transparence de l'air. Cette notice fut insérée dans les *Annales de Chimie et de Physique* [2]. Je reviendrai plus tard sur la construction du photomètre, en publiant les observations auxquelles il a servi.

Je me bornerai, pour le moment, à résumer en peu de mots les considérations exposées dans la notice à laquelle je viens de faire allusion.

Après avoir rappelé les observations de de Saussure et celles de Humboldt sur la transparence plus ou moins grande de l'air suivant diverses circonstances, je cherche à montrer, comme je l'avais déjà fait en 1865 dans mon

[1] *Comptes rendus de l'Acad des Sciences*, tome LXIII, p. 1221.
[2] *Annales de Chimie et de Phys.*, tome XII, p. 243.

Digitized by Google

discours à la Société helvétique, que c'est aux poussières en suspension dans l'air qu'on doit attribuer l'espèce de brouillard qui intercepte ordinairement un peu la lumière des objets éloignés, mais qui disparaît dès que survient une humidité générale, soit parce que ces matières qui le formaient, étant d'une nature organique, deviennent pour la plupart transparentes en absorbant la vapeur aqueuse, soit surtout parce que l'eau qu'elles ont absorbée les rendant plus pesantes, les fait tomber sur le sol.

Telle serait, suivant moi, la cause la plus fréquente de ces changements si frappants dans la transparence de l'atmosphère, qui se manifestent souvent de la manière la plus inopinée, mais qui coïncident toujours avec des variations d'humidité.

Il y a plus : si la présence de la vapeur aqueuse rend l'atmosphère transparente quand elle renferme des germes organiques, cette présence n'est plus nécessaire en l'absence de ces germes. C'est ce qui explique pourquoi, en hiver, les montagnes sont visibles au plus haut degré quand l'air est très-sec, pourquoi l'air est si transparent sur les plaines de neige, pourquoi, ainsi que l'a observé Humboldt, il en est de même pour l'atmosphère du pic de Ténériffe par le vent d'Est qui y apporte l'air d'Afrique, lequel, n'ayant emprunté aucune exhalaison organique aux déserts d'où il vient et à la mer sur laquelle il a passé, n'a pas besoin d'humidité pour être transparent. C'est, au contraire, dans la saison chaude et dans les mois où la vie organique a le plus d'activité que l'air est le plus chargé de cette espèce de vapeur sèche qui, par les temps les plus sereins, diminuent d'une manière notable la visibilité des objets les plus éloignés.

J'ajoute plus loin, en montrant l'intérêt qu'il y aurait

Digitized by Google

pour la science à comprendre la transparence de l'atmosphère dans le nombre des éléments météorologiques soumis à une détermination régulière : « Ce genre d'observations présenterait de l'intérêt, non-seulement pour la science proprement dite, mais peut-être aussi pour la médecine au point de vue de l'hygiène et des maladies épidémiques. Il est bien probable, en effet, que les miasmes dont M. Boussingault avait déjà, dans son beau travail publié en 1834, démontré la nature hydrogénée, sont dus à ces germes organiques dont la présence dans l'atmosphère et la chute sur le sol, seraient accusées, d'une manière passablement exacte, par le plus ou moins de transparence de l'air. »

J'arrive à la conférence faite par M. Tyndall à l'Institution royale de Londres le 21 janvier dernier.

La lumière solaire, en passant à travers une chambre obscure, révèle sa trace en illuminant la poussière qui flotte dans l'air. « Le soleil, dit Daniel Cuberwell, découvre des atomes alors même qu'ils sont invisibles à la lumière d'une bougie, et les fait danser tous au sein de ses rayons. »

Voilà comment débute M. Tyndall; puis il expose comment, dans ses recherches sur la décomposition des vapeurs par la lumière, il fut forcé de chercher à se débarrasser, dans les tubes contenant ces vapeurs, de cette poussière flottante invisible à la lumière diffuse, mais dont un rayon de lumière fortement condensée révélait la présence. En vain essaya-t-il de placer dans les tubes où il faisait passer l'air, soit des fragments de verre imprégnés d'acide sulfurique, soit des fragments de marbre mouillés

Digitized by Google

avec une forte solution de potasse caustique. Il ne put le dépouiller ainsi de cette matière flottante. Il fut plus heureux en le faisant passer avec soin sur la flamme d'une lampe à alcool. La matière flottante n'apparaissait plus ; seulement, lorsque l'air avait passé trop rapidement à travers la flamme, on retrouvait dans le tube à expérience un nuage bleu très-fin. La matière flottante était donc de la *matière organique*, puisqu'elle avait été brûlée par la flamme, et le nuage bleu fin était la fumée des particules de cette matière qui se montrait quand la combustion n'avait pas été parfaite.

Une série d'expériences faites au moyen d'un tube de platine dans lequel se trouvait un rouleau de toile en fil de platine, a montré que toutes les fois que l'air du laboratoire était transmis à travers ce tube chauffé ou rouge, le tube devenait *vide optiquement*, tandis qu'il restait plein de particules si la température restait basse. La phrase *vide optiquement* exprime que, lorsque les conditions d'une combustion parfaite sont réalisées, la matière flottante disparaît entièrement. Seulement, si le passage de l'air à travers le tube de platine chauffé au rouge est trop rapide, la combustion de la matière flottante reste imparfaite et on voit apparaître dans le tube le nuage bleu très-fin dont nous avons déjà parlé.

Ayant ainsi prouvé que les particules qui flottent dans l'atmosphère de Londres sont de nature organique, M. Tyndall essaya de les brûler de différentes manières. L'une de ses expériences les plus curieuses fut de placer une lampe à alcool au sein d'un faisceau lumineux qui illuminait fortement la poussière du laboratoire. On voyait alors autour du bord extérieur de la flamme un tourbillon d'obscurité ayant l'apparence d'une fumée très-

Digitized by Google

noire ; mais ce n'était pas de la fumée, puisqu'un fer chauffé au rouge et surtout une flamme d'hydrogène produisaient les masses noires tourbillonnantes en bien plus grande abondance encore que la flamme d'alcool. Ces masses noires étaient donc tout simplement l'obscurité résultant de l'absence sur la trace du faisceau lumineux de toute matière propre à disperser la lumière, c'était, en un mot, le noir des espaces stellaires. Lorsqu'on plaçait la flamme au-dessous du faisceau, la matière flottante était brûlée sur place, et l'air libéré de cette matière montait dans le faisceau, rejetant de côté les particules flottantes et substituant à leur lumière leur obscurité propre due à leur transparence parfaite. Rien ne peut mettre en évidence d'une manière plus concluante l'invisibilité de l'agent qui rend toutes choses visibles.

On peut, sans brûler les particules, produire un courant d'obscurité ; c'est ce qu'a fait M. Tyndall en faisant traverser le faisceau lumineux par un fil tendu de platine traversé par un courant voltaïque. En augmentant graduellement la force du courant et par conséquent la température du fil, on voit, même avant qu'il ait atteint la température d'ignition, s'en échapper par ascension un courant d'air plat qui, vu par son bord, se montre plus noir et mieux défini que l'une des raies les plus noires de Frauenhofer, dans le spectre solaire. A droite et à gauche de cette bande obscure verticale, s'élève la matière flottante en délimitant d'une manière bien nette le courant d'air non lumineux. Le phénomène tient à ce que le fil chaud raréfie l'air qui est en contact avec lui, mais il ne rend pas la matière flottante aussi légère. Le courant ascendant d'air pur monte donc à travers les particules, les entraînant après lui à droite et à gauche, mais

Digitized by Google

formant entre elles une ligne noire de séparation qu'elles ne franchissent pas.

L'oxygène, l'hydrogène, l'azote, l'acide carbonique, préparés de manière qu'ils ne contiennent pas du tout des particules flottantes, produisent aussi de l'obscurité lorsqu'on les verse ou qu'on les projette dans le faisceau.

Passant à un autre ordre de considérations, M. Tyndall rappelle les différentes recherches et découvertes faites sur l'influence des matières organiques suspendues dans l'air, soit à l'explication de la fermentation, soit à celle des maladies épidémiques. Il montre par divers exemples, en citant divers auteurs, comment la présence de germes organiques est liée à celle de certaines maladies et de certains accidents médicaux. Il signale donc, d'accord avec plusieurs célèbres médecins, la fâcheuse influence sur l'hygiène de cette poussière organique suspendue dans l'air. C'est surtout dans l'acte de la respiration que cette poussière est le plus absorbée par le corps humain, et voici deux expériences intéressantes faites par M. Tyndall dans sa conférence, qui le démontrent d'une manière frappante.

Après avoir prouvé qu'une des meilleures manières de débarrasser l'air de ces matières flottantes, est de le filtrer à travers une ouate de coton qui ne soit pas trop serrée, il ajoute que la respiration de l'homme offre l'exemple de beaucoup le plus intéressant et le plus important de ce procédé de filtration. Pour le démontrer, il remplit ses poumons d'air ordinaire et souffle par un tube de verre à travers le faisceau de lumière électrique. L'haleine, dépouillée de son humidité par un procédé très-simple, imprime à la matière flottante un mouvement transversal; mais la poussière qui sort des poumons rem-

Digitized by Google

place les particules déplacées. Cependant, au bout de quelque temps, apparaît sur le faisceau un disque sombre dont l'obscurité augmente jusqu'à ce que finalement, vers la fin de l'aspiration, le faisceau semble comme percé par un trou d'un noir intense, dans lequel on ne peut discerner aucune particule. En effet, l'air a si bien logé ses impuretés dans les poumons, que les dernières parties de l'haleine aspirée sont absolument privées de ces matières en suspension.

Par contre, après avoir expulsé l'air de ses poumons aussi complétement que possible, M. Tyndall applique une poignée de coton contre sa bouche et ses narines, et aspire l'air à travers ce coton. Alors en aspirant cet air ainsi filtré à travers un tube de verre, on voit dès le commencement de l'aspiration, contrairement à ce qui se passait précédemment, qu'il ne contient aucune matière flottante, car dès le commencement de cet acte d'aspiration, le faisceau lumineux est percé d'un trou obscur; la première bouffée sortie des poumons fait disparaître la poussière éclairée et met à sa place une tache obscure, et l'obscurité continue pendant tout le temps que dure l'aspiration.

M. Tyndall trouve dans ce fait la véritable raison philosophique d'une pratique suivie par les médecins, plus par instinct que par raisonement: c'est l'habitude qu'ils ont de tenir dans une atmosphère contagieuse leur mouchoir appliqué contre leur bouche et de respirer à travers. En faisant ainsi ils arrêtent, sans le savoir, les impuretés organiques suspendues dans l'air, tandis que si le poison était un gaz, il ne serait pas arrêté par ce moyen.

Après avoir été témoin des expériences de M. Tyndall, le docteur Bence Jones les répéta aussitôt avec un mouchoir de soie, et le résultat fut le même; mais

Digitized by Google

cette expérience montra cependant que le coton est un filtre bien plus efficace. M. Tyndall recommande l'emploi de respirateurs formés de filtres de coton, regardant comme très-probable que les germes qui se logent dans les voies aériennes et qui peuvent peu à peu pénétrer à travers la membrane muqueuse, sont ceux qui engendrent dans le corps des maladies épidémiques. Au moyen de respirateurs de ce genre, on pourrait respirer dans la chambre d'un malade un air aussi pur de germes que l'air des sommets les plus élevés des Alpes.

La conférence de M. Tyndall a soulevé, en Angleterre, quelques réclamations au sujet de la priorité de la découverte de la présence dans l'atmosphère de poussières organiques en suspension. On a remarqué que déjà en 1846 le Dr Angus Smith l'avait signalée à l'attention des observateurs, et en avait fait l'objet d'une communication à l'Association Britannique, dans laquelle il exposait les résultats qu'il avait obtenus en faisant passer pendant trois mois plus de mille gallons d'air à travers de l'eau dans laquelle il avait fini par recueillir les germes déposés. Il était revenu sur ce sujet, en 1868, à l'occasion de la maladie épidémique des bestiaux. Les recherches du Dr Thomson, en 1854, en confirmant celles du Dr Angus Smith, montraient qu'on pouvait obtenir, en recueillant les impuretés suspendues dans l'air extérieur près d'un hôpital où sévissait le choléra, une espèce de champignon *(fungus)* formé de l'agglomération de sporules semblables à celles qui donnent naissance à des végétaux, mélangés avec une certaine quantité de matière fuligineuse, provenant probablement de la fumée des cheminées situées dans le voisinage.

Digitized by Google

Laissant de côté quelques autres recherches, en particulier celles de M. Samuelson en 1863, je me borne à extraire encore quelques details intéressants d'une conférence faite à la Société littéraire et philosophique de Manchester, en mars 1863, par le Dr Angus Smith.

Le Dr Angus Smith expose qu'il a employé, sur une plus grande échelle, le même procédé dont il s'était servi pour recueillir les matières suspendues dans l'air, en faisant passer pendant très-longtemps une quantité d'air considérable à travers la même masse d'eau. En examinant ce dépôt au microscope, M. Dancer a été conduit à reconnaître que dans une seule goutte d'eau il y avait au moins 250000 spores, ce qui fait un total de 37 $^1/_2$ millions pour les 150 gouttes d'eau qui contenaient cette matière organique. Cette manière artificielle de laver l'air en le débarrassant de ses spores, par son passage à travers l'eau, a conduit M. Angus Smith à se demander si la pluie ne remplit pas naturellement le même office. En effet, il a trouvé de très-grandes différences entre la pluie tombée dans une contrée et celle tombée dans une autre, quant à la quantité de matières organiques qui y est contenue. Avec de l'air pur on a de la pluie pure; celle-ci donc lave l'air, comme on devait s'y attendre. Ce point touche à une question sanitaire d'une très-grande importance.

Toutefois, M. Angus Smith remarque avec raison que dans de l'air parfaitement sain, on trouve des matières organiques suspendues; il ajoute que, dans une foule de circonstances, l'homme se trouve impunément en contact avec un air chargé d'une quantité surabondante de matières organiques, comme dans l'opération du tannage, dans les étables, etc. Les parfums des plantes et toutes

Digitized by Google

les exhalaisons végétales et animales, au milieu desquelles on vit, appartiennent à la catégorie des poussières flottantes dans l'atmosphère. Nous ne devons donc pas craindre, d'une manière générale, la présence dans l'air de matières organiques; c'est leur nature, bien plus que leur présence, qui peut présenter quelque danger. Peut-être aussi celles qui amènent la fermentation peuvent-elles produire un effet fâcheux, en diminuant la quantité d'oxygène dans l'air.

Mais, outre des matières organiques, l'air tient aussi en suspension des substances minérales et inorganiques; on doit en trouver bien plus dans les localités industrielles que dans les campagnes. Il est des cas où ces substances, soit par leur nature, soit par leur abondance, peuvent être fâcheuses pour la santé, et où il faut chercher à en purifier l'air, c'est en particulier lorsqu'il s'agit des usines et de certaines fabriques. Dans les circonstances ordinaires elles ne présentent pas de danger; néanmoins, la propreté, la ventilation, l'usage de viandes fraîches et d'eau bien-pure, sont avec la tempérance des moyens bien suffisants pour maintenir la population en bonne santé, même dans une ville comme Londres.

Ajoutons néanmoins que l'étude des matières organiques suspendues dans l'air, dont plusieurs, nous le reconnaissons, peuvent être innocentes, pourra rendre un grand service à l'hygiène, en particulier dans le cas de maladies épidémiques. L'influence des eaux dans les maladies typhoïdes est assez démontrée pour qu'il soit impossible de nier l'effet fâcheux que peuvent avoir les impuretés qu'elles renferment; celle des averses de pluie, de la direction et de l'intensité du vent dans les cas de choléra, ne peut non plus être contestée; il y a donc là une

Digitized by Google

question du plus grand intérêt. Et quand la conférence de M. Tyndall n'aurait eu d'autre résultat que d'attirer l'attention des savants et des médecins sur ce point particulier, elle n'en n'aurait pas moins rendu un très-grand service à l'hygiène publique.

Du reste, M. Tyndall a reconnu lui-même que, indépendamment des matières organiques, il y a également en suspension dans l'air à Londres des substances minérales ; il dit, en effet, que d'après une analyse faite par le Dr Percy, l'air recueilli près des murs du Musée britannique renferme 50 % de matières inorganiques; mais il remarque en même temps que la poussière recueillie dans les chambres est complétement dépourvue de ces substances inorganiques qui, plus pesantes, tombent sur le sol, tandis que les organiques, plus légères, restent suspendues dans l'air. Il rappelle la remarque de M. Pasteur, qui dit : « Mais ici se présente une remarque : la poussière que l'on trouve à la surface de tous les corps est soumise certainement à des courants d'air qui doivent soulever les particules plus légères, au nombre desquelles se trouvent sans doute, de préférence, les corpuscules organisés, œufs ou spores, moins lourds généralement que les particules minérales. »

A. DE LA RIVE.

Digitized by Google

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

L. Dufour. Note sur la différence entre la pluie et l'évaporation observée a Lausanne. *(Bulletin de la Société vaudoise des Sciences natur.*, tome X, n° 62.)

« Les observations météorologiques ont généralement pour objet un élément déterminé. On mesure la pression de l'air, sa température son humidité, la quantité d'eau qui tombe, etc., et dans les observations qui en sont faites, on cherche, autant que possible, à isoler les uns des autres ces divers éléments.

« Cette manière de procéder dérive d'une méthode qui est, sans aucun doute, excellente dans tout le domaine des sciences physiques, méthode qui consiste à distinguer et à séparer les phénomènes pour étudier chacun d'eux séparément. — Mais il est évident que les résultats fournis ainsi par nos observations météorologiques ne donnent que d'une manière assez imparfaite la représentation « du temps » comme il est entendu et apprécié par tout le monde. Le « temps qui règne » est une résultante de l'état du ciel, de la temperature et de l'état d'humidité de l'air, du vent, etc. Le jugement que l'on porte sur une saison ou sur une année, repose sur un ensemble complexe que ne fournit aucun instrument météorologique en particulier, et qui ne peut qu'assez imparfaitement se reconstituer, même par la réunion des donnees de chaque instrument pris à part. — La végétation est aussi une conséquence de la situation météorologique dans son ensemble. Sans doute, la température est l'élément essentiel ; mais l'humidité de l'air, les vents régnants, l'action directe plus ou moins considérable du soleil, sont des fac-

Digitized by Google

teurs très-importants, et c'est parce qu'il est difficile de les faire entrer en compte qu'on a eu beaucoup de peine, jusqu'ici, à trouver des lois entre les résultats fournis par les instruments météorologiques et les diverses phases du développement de la plante.

« Il y aurait donc, ce me semble, un certain intérêt pour la météorologie à admettre aussi des observations dans lesquelles plusieurs éléments auraient eu leur part et qui seraient un résultat composé de diverses influences atmosphériques. — Des observations ainsi conçues forment le sujet de la présente *Note.*

« L'état de l'atmosphère, au point de vue de l'eau ou de la vapeur aqueuse, s'étudie à l'aide de trois sortes d'instruments : le pluviomètre, l'hygromètre et l'atmomètre. — Le pluviomètre fournit la quantité d'eau tombée en un lieu déterminé. Mais il est bien clair que ce renseignement, précieux sans doute, nous laisse ignorer les différences énormes qu'il peut y avoir entre des jours plus ou moins humides, plus ou moins couverts et tous sans pluie. L'hygromètre nous donne la quantité de vapeur contenue dans l'air à un moment donné. Mais il ne distingue pas, par exemple, entre un air saturé par le brouillard ou saturé parce que la pluie tombe avec abondance. La mesure de l'évaporation est une opération assez simple en elle-même; mais l'évaporation est malheureusement influencée, dans une forte proportion, par la situation est l'installation de l'atmomètre. On a généralement conseillé de placer l'appareil à l'abri du soleil, afin que l'évaporation dépende seulement de la température de l'air et de sa sécheresse et afin que le liquide ne puisse pas être directement réchauffé. Il doit être d'ailleurs à l'abri de la pluie. Mais il est bien évident qu'en protégeant ainsi l'atmomètre, on est obligé de placer un toit ou des écrans dans son voisinage, on gêne l'accès de l'air, et l'on sait combien le mouvement de l'air influe sur l'activité de ce phénomène.

« Il me semble qu'il serait intéressant, pour la météoro-

Digitized by Google

logie, de suivre d'une manière continue et *avec un seul appareil exposé à l'air absolument libre*, la différence *entre la chute de la pluie et l'évaporation*. On aurait ainsi une donnée qui ne serait pas sans intérêt, quoiqu'elle fût un élément météorologique complexe. Si l'on y réfléchit, on remarquera bientôt que cette donnée complexe entre pour une bonne part dans l'appréciation vulgaire du « temps qu'il fait. » L'activité plus ou moins grande de la végétation, dans une période déterminée, est aussi directement en rapport avec cette différence entre l'eau qui tombe et celle qui peut s'évaporer. Seulement, il faut laisser l'évaporation dépendre de tous les facteurs qui la rendent plus ou moins active, c'est-à-dire, la laisser se produire au soleil et à l'air tout à fait libre.

« J'ai commencé, il y a neuf ans déjà, des observations dans le sens qui vient d'être indiqué. Mais le procédé employé dans les quatre premières années a été modifié quelquefois et c'est seulement après quelques tâtonnements que je me suis arrêté à un appareil simple et permettant d'atteindre convenablement le but, c'est-à-dire la mesure de la différence entre la chute de la pluie et l'évaporation. Cet appareil, que je nommerai *siccimètre* pour abréger, a été observé d'une manière suivie depuis 1865 et il a fourni les résultats qu'on trouvera mentionnés plus bas.

« Le siccimètre se compose de deux vases cylindriques de zinc, s'emboîtant partiellement l'un dans l'autre. Le vase intérieur, *A*, a 50 centimètres de diamètre et 25 centimètres de profondeur; il reçoit, à sa partie supérieure, le vase *C*, qui présente la même surface, qui a 8 centimètres de profondeur, et qui fonctionne comme une sorte de couvercle du premier. Ce vase *C* s'emboîte d'environ 2 centimètres dans *A*. Il est retenu par un rebord convenable et présente, sur toute sa circonférence extérieure, une sorte d'avant-toit très-incliné qui protége la ligne d'intersection des deux vases et qui est destiné à empêcher l'eau glissant sur les parois extérieures de *C* de s'introduire dans *A*. — Sur le milieu du fond de *C*

Digitized by Google

(et traversant ce fond) est soudé un tube *P* de 1 $^1/_2$ centimètre de diamètre, qui s'élève jusqu'à 20^{mm} du niveau des bords du vase et qui, d'une autre part, descend jusque près du fond de *A*. — Deux anses convenablement placées permettent d'enlever le vase *C* et de le replacer sur *A*.

« On voit facilement que le vase supérieur pourra être rempli de liquide jusqu'au niveau du tube *P*. Toute nouvelle quantité d'eau ajoutée s'écoulera, par ce tube, dans *A*.

« On prévoit, d'après cette description, comment l'appareil fonctionne. — Pour le mettre en observation, on remplit d'eau le vase supérieur jusqu'au niveau du tube *P*, puis on abandonne l'instrument à l'air libre. L'évaporation superficielle abaissera le niveau dans le vase supérieur; la chute de la pluie, au contraire, tend à l'élever, et l'eau tombée qui excédera l'évaporation durant une période donnée, descendra en *A*. Après un certain temps, deux, trois, quatre . . . jours, on ira mesurer le niveau du liquide dans *C*, puis on enlèvera ce vase et on mesurera le niveau dans *A*. On saura évidemment s'il y a eu excès de chute d'eau ou excès d'évaporation et on connaîtra la différence. Après l'observation, l'appareil sera remis dans les conditions primitives; on videra *A*, puis on replacera *C*, qui devra être rempli d'eau jusqu'au niveau du tube *P*.

L'auteur indique ensuite les précautions et les moyens employés pour mesurer la hauteur de l'eau dans les deux vases, pour vider le vase inférieur lorsque cela devient nécessaire, pour préserver l'appareil des effets de l'expansion de la glace, en hiver; pour tenir compte de la neige, etc.

« L'activité de l'évaporation dans un vase dépend, dans une certaine mesure, de la distance qui sépare les bords du vase du niveau du liquide. On conçoit d'ailleurs que l'influence de cette distance varie avec le diamètre des vases et elle diminue à mesure que ce diamètre devient plus grand. Pour que le mouvement de l'air, à la surface de l'eau, se fît le plus facilement possible, il faudrait que le niveau du liquide

Digitized by Google

fût sensiblement le même que celui des bords. Mais il y a deux motifs qui empêchent de réaliser cette condition. Lorsque l'air est violemment agité, il se forme de petites vagues dans le vase *C;* ces vagues viennent battre les parois, et il est bien évident qu'un peu d'eau s'écoulerait si le niveau du liquide était trop voisin des bords du vase. — Lorsque la pluie est très-forte et que des gouttes volumineuses arrivent avec une certaine vitesse, elles produisent à la surface de l'eau un rejaillissement assez considérable. Ce rejaillissement ferait sortir un peu d'eau du vase si le liquide affleurait les bords. — Afin d'éviter ces deux causes d'erreur, j'ai laissé une distance de 20^{mm} entre les bords du vase *C* et l'ouverture du tube *p;* le niveau de l'eau de ce vase est donc toujours à 20^{mm} au moins des bords.

« Quelques essais comparatifs ont montré que, vu la grande surface de l'appareil, l'évaporation, avec cette dépression du liquide, est sensiblement la même que si l'eau affleurait les bords — au moins lorsque le temps est calme.....

« Lorsque, par les progrès de l'évaporation, le niveau baisse notablement dans *C*, cette évaporation tend à se ralentir, parce que le niveau du liquide se trouve de plus en plus profondément dans le vase. Ainsi, à rigoureusement parler, les observations ne sont jamais absolument comparables; la marche même du phénomène crée des circonstances à chaque instant nouvelles — et il en est évidemment ainsi dans tous les atmomètres employés. Mais si, à des époques peu éloignées, on ramène dans le vase *C* le niveau primitif, en ajoutant de l'eau, on aura évidemment des conditions peu différentes les unes des autres et suffisamment comparables. — Afin de ne pas permettre un trop grand abaissement du niveau, sans toutefois rendre les mesures trop fréquentes et par conséquent assujettissantes pour un seul observateur, j'ai observé, dans les trois dernières années (1867, 1868 et 1869), tous les deux jours. Quelquefois, et surtout lorsque l'évaporation est moins active ou qu'il y a

Digitized by Google

excès de chute, j'ai laissé s'écouler trois jours, rarement quatre, entre deux observations successives.

« L'appareil étant librement exposé aux rayons du soleil, il s'échauffe naturellement beaucoup dans les chaudes journées de l'été. Ce qui favorise encore ce réchauffement, c'est que le fond du vase *C* ne repose pas sur le sol. Lorsque la température de l'air est de 25 à 30° et que le soleil brille, j'ai trouvé souvent l'eau à 37 ou 38°. Ainsi, l'activité de l'évaporation, dans le siccimètre, dépend non-seulement de la temperature de l'air, mais aussi de la durée et de l'intensité de l insolation directe, par conséquent de l'état couvert ou découvert du ciel... .

« Parmi les causes imprévues qui viennent influer sur l'évaporation, je citerai les poussières flottant en plus ou moins grande abondance dans l'air. A certains moments, par certains courants d'air, la surface du vase *C* se recouvre assez promptement de ces poussières terreuses, sablonneuses, végétales (pollen), etc. J'ai vu, plus d'une fois, cette couche de poussière être assez abondante pour gêner probablement le libre déplacement de l'air qui est en contact immédiat avec le liquide. C'est là un facteur qui doit modifier un peu l'évaporation et contre lequel on ne peut pas se préserver si l'on veut avoir un vase exposé tout à fait librement à l'air. Par ce seul motif, le renouvellement assez fréquent du liquide dans le vase *C* est, je crois, une bonne précaution.

« L'appareil décrit est exposé librement à l'air. Le vase *A* est complétement enseveli dans le terrain. Le vase *C* s'élève donc d'une petite quantité au-dessus du sol avoisinant (terrain gazonné). J'ai placé d'ailleurs l'instrument dans la position la plus favorable dont je pouvais disposer pour qu'il eût un horizon passablement découvert, qu'il ne reçût pas l'ombre des arbres et qu'il « vît » le soleil le plus complétement possible.

« La *situation* du siccimètre est, sans aucun doute, un facteur qui doit influer sur les résultats obtenus. La situation

Digitized by Google

influe déjà un peu, on le sait, sur les indications des pluviomètres ordinaires; elle influe probablement davantage sur toutes les mesures d'évaporation. Il serait difficile de trouver, pour des appareils comme celui dont il s'agit ici, deux installations assez pareilles pour que leurs résultats fussent rigoureusement comparables. Mais cette difficulté est inhérente à toutes les observations d'évaporation faites jusqu'ici, et elle atteint tous les appareils qu'on a proposés, qu'ils soient exposés au soleil ou qu'ils soient placés à l'ombre. — Les données relatives à l'évaporation constatée dans des lieux différents étant affectées de cette influence de l'installation locale, je crois qu'il est illusoire de chercher à les comparer d'une façon trop minutieuse. Cette remarque s'applique en plein à l'appareil qui fait le sujet de cette *Note*, et je pense que c'est seulement avec une certaine approximation qu'on pourra comparer les résultats fournis par des instruments analogues observés dans des lieux différents. Mais il y aura toujours un grand intérêt à comparer les données fournies par un même instrument durant des saisons ou des années successives, dans un même lieu, et c'est surtout cette comparaison que j'avais en vue en entreprenant ce genre d'observations.

« Il résulte de tout ce qui précède que la *différence* entre la chute et l'évaporation, telle que la fournit le siccimètre, dépendra d'un ensemble varié de circonstances. Elle dépendra de la quantité d'eau qui tombe, de la température et de l'humidité de l'air, de l'état de repos ou d'agitation de l'atmosphère, de la durée d'action des rayons solaires, par conséquent de l'état serein ou couvert du ciel, etc. Ce sera donc une donnée météorologique fort complexe; mais une donnée qui se rapprochera, je crois, de cette résultante météorologique de laquelle dépend la végétation et qui intéresse le plus les travaux agricoles. La végétation ne dépend exclusivement ni de la température, ni de l'humidité, ni de l'action solaire, ni de la pluie; mais elle dépend d'une certaine com-

Digitized by Google

binaison de toutes ces influences et elle est une résultante analogue à celle que constate et mesure le siccimètre.

« Parmi les influences qui ont leur part dans les variations du siccimètre, la pression de l'air est vraisemblablement la moins importante à considérer. En un même lieu, en effet, les changements de la pression sont toujours peu considérables et ce n'est pas cette variation-là qui serait sensible au siccimètre. En revanche, une augmentation d'altitude un peu considérable occasionnerait sans doute, toutes choses d'ailleurs égales, une évaporation plus active.

« J'ai à peine besoin de faire remarquer que l'évaporation fournie par le siccimètre n'est nullement celle du sol lui-même. Le sol évapore abondamment pendant qu'il est mouillé, et plus ou moins suivant l'état de sa surface (terres, plantes plus ou moins grandes, etc.); mais dès que le beau temps a duré quelques jours, la couche superficielle est passablement desséchée et elle fournit moins de vapeur que la surface aqueuse du siccimètre.

« L'appareil qui vient d'être décrit et discuté a été observé à Lausanne, depuis le 1er janvier 1865.....

« Les résultats obtenus avec le siccimètre se prêtent singulièrement bien à une représentation graphique, et il est facile de construire, avec ces résultats, une courbe qui s'élève ou s'abaisse pour représenter les augmentations ou les abaissements du niveau d'une couche liquide librement exposée à la pluie ou à l'évaporation.

« L'axe des temps est horizontal. Sur des perpendiculaires à cet axe, menées à chaque jour d'observation, on a porté des longueurs qui représentent la différence entre l'eau tombée et l'eau évaporée depuis le commencement de l'année météorologigue jusqu'à ce jour-là. Ces longueurs ont été menées dans le sens positif, quand il y a excès de chute, et dans le sens négatif, quand il y a excès d'évaporation avec une réduction à $^1/_4$ des quantités réelles.

« On obtient évidemment ainsi une courbe qui représente

Digitized by Google

fort bien la variation même qu'a subie la couche liquide exposée à la pluie et à l'évaporation. Là où la courbe s'élève, il y a eu excès de chute; là où elle s'abaisse, excès d'évaporation. Suivant que la courbe est plus ou moins fortement inclinée sur l'axe, on a, pour des temps égaux, des excès plus considérables ou plus faibles, soit de l'évaporation sur la pluie, soit de la pluie sur l'évaporation.»

L'auteur donne ensuite un résumé des observations faites durant les quatre années 1865 à 1868, et la courbe siccimétrique pour chacune de ces années.

On remarque, entre autres, les deux caractères si différents des années 1866 et 1868. Dans la première, la courbe s'élève presque continuellement et l'année finit avec un *excès de chute* de 690^{mm}. Dans la seconde, la courbe siccimétrique s'abaisse, d'une façon générale, de la fin d'avril jusqu'au milieu de septembre, indiquant ainsi que l'évaporation l'emportait sur la chute. Dans l'année 1868, il y a un *excès d'évaporation* de 278^{mm}.

M. Dufour fait observer qu'une période de quatre années est trop courte pour qu'on puisse en déduire des résultats moyens ayant une grande importance. C'est donc seulement à titre de renseignement approximatif qu'il donne les valeurs moyennes suivantes : l'excès moyen annuel de la pluie sur l'évaporation a été 268^{mm}. La valeur moyenne de l'évaporation annuelle a été 669^{mm}.

On sait, d'après *dix années* d'observations de M. Marguet, que la chute moyenne annuelle, à Lausanne. est de 1095^{mm}.

Quant à l'évaporation en 24 heures, elle varie naturellement beaucoup, suivant la température, l'état d'humidité de l'air, etc. Dans les plus belles et les plus chaudes journées de l'été, l'évaporation a atteint, habituellement, de 6 à 8^{mm}. Rarement, et lorsque la chaleur était accompagnée d'un vent assez fort du nord, l'évaporation diurne a atteint 9^{mm}.

Digitized by Google

J.-N. Lockyer. Remarques sur l'éclipse récente du soleil telle qu'elle a été observée aux États-Unis[1]. (*Proceedings of the Royal Society* du 27 janvier 1870, t. 18.)

L'auteur a annoncé à la Société Royale, dans sa séance du 27 janvier dernier, avoir reçu de MM. les professeurs Winlock, Morton et Newton, des photographies et des détails non encore publiés au sujet de l'éclipse totale observée récemment en Amérique. Quelques éclaircissements relatifs aux points suivants restaient surtout à désirer: 1° Est-il possible d'établir une différence entre la chromosphère et la couronne ? 2° Quelle est la valeur réelle des indications photographiques de la structure de la base de la chromosphère par rapport aux photographies amplifiées de l'éclipse de 1860, obtenues par M. W. de la Rue ? 3° Quelle est la valeur de l'effet obscurcissant sur le spectre de la chromosphère dû à l'éclairage de l'atmosphère terrestre ? 4° Existe-t-il de l'hydrogène d'une température moins élevée au-dessus des proéminences ? 5° Peut-on, au moyen du spectroscope, constater la nature de la couronne pendant les éclipses du soleil ?

Quant à la première question, le Dr Gould a établi d'une façon incontestable que la chromosphère diffère totalement de la couronne. Ce savant écrit au professeur Morton comme suit :

« Une comparaison attentive avec mes propres dessins des belles photographies de la couronne faites à Burlington et à Ottumwa par MM. Mayer et Haines, m'a convaincu que l'éclat autour de la lune que l'on remarque dans les dessins faits au moment de l'éclipse totale, ne provient pas de la couronne, mais est bien l'image de ce que Lockyer a appelé la chromosphère. Plusieurs considérations tendent à établir la vérité de ce fait. D'abord, les directions du maximum d'éclat ne coïncident pas avec celles des grands faisceaux de rayons

[1] Cette éclipse, invisible à Paris, mais totale pour une grande partie des États-Unis d'Amérique, a eu lieu le 7 août 1869.

Digitized by Google

de la couronne. Les premières restent constantes, tandis que les dernières sont sujettes à des variations. Il existe un diamètre correspondant approximativement à l'axe du Soleil, près des extrémités duquel la radiation sur les photographies est un minimum, tandis que les rayons provenant de la couronne dans la même direction restent fortement lumineux pendant une bonne partie de l'éclipse totale. De plus, les rayons de la couronne ne sont pas en rapport apparent avec les protubérances, tandis que l'auréole qu'on aperçoit dans les photographies est plus marquée dans le voisinage de celles-ci. La protubérance principale, entre 230° et 245°, paraît constituer une limite sud à la radiation du côté ouest, tandis que dans toutes les photographies on voit une limite nord bien définie à environ 350°, l'arc intermédiaire étant partout garni des protubérances manifestées par la lune à la fin de l'éclipse totale. Les masses si remarquables de lumière floconneuse sur les segments suivants se trouvent des deux côtés de cette proéminence singulière à 93°, proéminence qui d'abord a paru ressembler à un épi de blé; mais qui, dans des dessins récents et lorsque la branche sud s'est trouvée plus en évidence, peut être plutôt assimilée à des cornes d'antilopes. Toute portion de cette auréole, visible dans les photographies, était cachée ou manifestée par le mouvement lunaire de la même manière que les protubérances elles-mêmes. D'autre part, les variations dans la forme de la couronne ne paraissaient nullement dépendre du mouvement de la lune. Les formes si élégantes et en même temps si singulières, dues aux agrégations spéciales de lumière du côté est, peuvent devenir d'une haute importance pour nous conduire à une connaissance plus exacte de la chromosphère. Ces agrégations lumineuses sont très-apparentes dans toutes nos photographies, mais spécialement dans celles obtenues le plus rapidement, telle que la première, prise à Ottumwa. Dans quelques-unes de celles faites postérieurement, les agrégations en question sont visibles de l'autre côté du soleil,

Digitized by Google

quoique d'une façon moins distincte; mais l'on voit ressortir d'une manière admirable le contour découpé et si irrégulièrement dentelé de la chromosphère tel qu'il est décrit par Janssen et Lockyer. »

La même lettre s'occupe de la seconde question. Les photographies américaines tendent à montrer que certaines apparences dans les photographies de M. W. de la Rue, qui représentent la chromosphère comme ondulée sur son côté inférieur, sont dues à une action de la surface lunaire, peut-être même à une atmosphère lunaire d'une extrême rareté. Il ne convient donc pas de confondre ces apparences avec d'autres qui pourraient être attribuées à une suspension possible de la chromosphère dans une atmosphère transparente, dans le cas où la photographie n'en représentât qu'une *section*.

Le Dr Gould m'écrit: « Vous remarquerez que quelques-uns des flocons de lumière les plus brillants, en forme de pétales, ont produit à leurs bases des dentelures apparentes dans le limbe de la lune analogues à celles qu'on observe à la base des protubérances. Ces dentelures sont dues évidemment, ainsi que je l'ai fait remarquer ailleurs, à une réflexion spéculaire de la surface lunaire. La simple inspection des photographies suffit pour lever tout doute à cet égard. »

Là où la lumière de la chromosphère est assez uniforme pour que l'effet actinique sur la plaque photographique soit à peu près égal, la base de la chromosphère est absolument continue dans les photographies américaines; mais dans le cas de quelques-unes des proéminences les plus considérables, notamment celles à + 146 (Young) et — 130 (Young), de fortes dentelures deviennent visibles sur le limbe lunaire.

3° L'auteur passe ensuite à l'examen de l'effet obscurcissant sur le spectre de la chromosphère dû à l'éclairage de notre atmosphère. Cet effet, dit-il, est plus frappant que je ne l'aurais voulu, mais pas plus considérable que je ne m'y attendais. Le professeur Winlock m'écrit à ce sujet: « J'ai examiné la principale protubérance avant, pendant et après l'é-

Digitized by Google

clipse totale. J'ai aperçu trois lignes (C près de D et F) avant et après l'éclipse totale, et onze pendant qu'elle durait. *Huit de ces lignes ont disparu subitement à la premiere apparence de la lumière solaire.* »

L'effet ci-dessus a été observé au moyen de deux prismes de flint-glass et sept pouces d'ouverture. Le professeur Young, avec cinq prismes de 45° et quatre pouces d'ouverture, a constaté le même résultat à la fin de l'éclipse totale dans la portion du spectre qu'il était chargé d'observer. Il m'écrit: « L'éclipse totale a pris fin au moment où j'achevais de mesurer la ligne 2602. *Cette ligne disparut instantanément*, mais la ligne 2796 (celle d'hydrogène près de G) ne reprit sa pâleur habituelle qu'au bout de près d'une minute. » M. Lockyer régarde ces observations comme étant de la plus haute importance, attendu qu'elles montrent que pour employer la nouvelle méthode d'observation dans les meilleures conditions possibles, il faut de larges ouvertures et un grand pouvoir dispersif.

4° Sur la quatrième question, savoir, s'il existe de l'hydrogène à une température moins élevée au-dessus des proéminences, les observateurs n'ont obtenu que des preuves négatives; ce qui confirme l'opinion à ce sujet communiquée il y a déjà quelque temps par l'auteur à la Société Royale.

5° Nous arrivons maintenant à la question de la couronne. M. Lockyer se borne à la discussion des observations spectroscopiques de MM. Young et Pickering, combinées avec celles du Dr Gould citées précedemment. M. Pickering, au moyen d'un spectroscope chimique ordinaire dirigé sur le lieu occupé par le soleil pendant l'éclipse totale, a obtenu le spectre combiné des protubérances et de la couronne. Ce spectre était continu avec deux ou trois lignes brillantes; l'une d'elles dans le voisinage de E, et l'autre près de C. M. Young, qui a employé un spectroscope spécialement adapté à ce genre d'observation, et dans lequel il n'a pu examiner qu'une partie de la proéminence à +146, a aperçu près

Digitized by Google

de D, une ligne C à 1250 ± 20, et une autre à 1350 ± 20 de l'échelle de Kirchhoff. L'auteur donne textuellement le reste des observations de M. Young: « Vint ensuite, dit-il, la ligne 1474 K, encore très-brillante, quoique beaucoup moins que C et D_3, et qui différait de ces dernières en ce qu'elle se prolongeait à travers la totalité du spectre. De plus, elle continuait à être visible lorsqu'on éloignait la fente des protubérances, tandis que D_3, placé sur le bord du spectre, disparaissait aussitôt. Il est donc évident que cette ligne n'appartenait pas au spectre de la protubérance, mais bien à celui de la couronne. Mon impression est, quoique je sois loin de l'affirmer avec certitude, que les deux lignes pâles, situées entre celle que je viens de décrire et D_3, se sont comportées de la même manière et appartiennent aussi au spectre de la couronne. L'observation de M. Pickering tend à me confirmer dans cette manière de voir Ce savant s'est servi d'un spectroscope à un seul prisme, dépourvu de lentille, et ayant la fente du collimateur simplement dirigé sur le soleil. Il n'a ainsi aperçu que trois ou quatre lignes brillantes, la plus brillante près de E (1474). Or, c'est précisément ce qui devait arriver si cette ligne appartenait effectivement à la couronne, laquelle, par son étendue, a dû fournir à l'appareil beaucoup plus de lumière que celle qui pouvait provenir des proéminences. »

« Bientôt, continue M. Young, la lune s'était assez avancée pour qu'il devînt nécessaire de transporter la fente vers la grande proéminence située du côté opposé du soleil. Pendant que mon aide s'occupait de ce changement, j'ai dû, je pense, dans l'excitation du moment, avoir fait courir mon oculaire au delà de la région des lignes du magnésium avant que la fente eût été convenablement ajustée. Toutes ces lignes, en effet, m'ont échappées, bien qu'elles aient été aperçues par d'autres observateurs. La ligne F dans le spectre de la grande protubérance était vraiment magnifique, large à sa base, puis se recourbant et s'amincissant à mesure qu'elle

Digitized by Google

s'allongeait. Apparut ensuite une nouvelle ligne, aussi brillante que 1474, à 2602=2 de l'échelle de Kirchhoff. La position de cette ligne a été déterminée avec soin en la rapportant, au moyen du micromètre, à la ligne suivante 2796 K (hydrogène γ) qui était excessivement brillante. La ligne *h* était aussi distinctement visible, quoique beaucoup moins lumineuse. J'ai vu en tout neuf lignes brillantes. »

« Un spectre continu, pâle, sans traces de lignes obscures, était aussi distinctement visible. Sa lumière, vu à travers une tourmaline appliquée à l'œil, était fortement polarisée suivant un plan passant par le centre du soleil. Il est possible cependant, ainsi que l'a suggéré M. Pickering, que la polarisation en question ait pu être produite par les réfractions successives à travers les prismes. Cette explication a l'avantage d'écarter la difficulté provenant de l'absence de lignes obscures. »

M. Lockyer examine ensuite le spectre continu déduit des observations de M. Pickering. Il estime que, par suite de la méthode employée par cet observateur, lors même que la couronne serait due à l'atmosphère terrestre et fournirait un spectre à lignes obscures, des lignes appréciables par une lumière aussi faible seraient éteintes en grande partie par les lignes brillantes correspondantes dues à l'arc allongé de la chromosphère; et cela sans parler des proéminences, dans lesquelles il serait singulier que les lignes C, D, E, *b*, F, et plusieurs autres ne fussent pas renversées. Ce qui ajoute quelque probabilité à cette opinion, c'est que deux lignes brillantes ont été distinctement visibles près de C et près de E; et puisqu'il ne s'agit que d'approximations, ne pourrait-on pas lire, « près de C et F, » ce qui serait précisément conforme au résultat auquel on pouvait s'attendre.

M. Lockyer ajoute, au sujet du spectre continu observé par le professeur Young, la considération suivante: « En admettant, dit-il, que la couronne ne soit qu'un phénomène atmosphérique, ainsi que je l'ai déjà affirmé, il me semble

Digitized by Google

que son spectre doit être continu, ou à peu près tel; car ce spectre n'est-il pas autant dû à la lumière des proéminences qu'à celle de la photosphère, lumières qui du reste peuvent être regardées comme étant jusqu'à un certain point complémentaires l'une de l'autre.

F. Guthrie. Sur le rapprochement du aux vibrations. *(Proceedings of the royal Society*, novembre 1869.)

M. Guthrie, a remarqué que si l'on suspend un disque de carton dans le voisinage d'un diapason mis en vibration, le carton tend à se rapprocher du diapason. L'auteur rend compte d'une série d'expériences destinées à rechercher la cause de ce phénomène. Il montre d'abord qu'il ne s'établit pas, comme dans les expériences de M. Clément, des courants d'air permanents à la surface même du diapason. Il entre ensuite dans l'examen des modifications que subissent les tourbillons superficiels observés par Faraday sur la surface d'un diapason, lorsqu'on fait vibrer celui-ci dans le voisinage d'un plan sensiblement rigide, et montre, à cette occasion, qu'un disque de carton librement suspendu s'approche du diapason lorsqu'on présente au carton l'une quelconque des trois faces de celui-ci. Cette tendance à se rapprocher se manifeste même à des distances qui dépassent de beaucoup la limite des courants d'air remarquée par Faraday. En suspendant librement à son tour le diapazon, on acquiert la certitude que la tendance à se rapprocher dépend d'une action mutuelle entre celui-ci et le disque de carton. L'auteur montre que deux diapasons, mis en vibration, tendent à se rapprocher, quelle que soit la direction mutuelle de leurs plans de vibration. Il a cherché aussi à déterminer la tension moyenne de l'air dans laquelle se trouve un diapason à l'état de vibration, en renfermant l'une des deux fourches dans un tube de verre, et a réussi ainsi à constater un déplacement d'air dû aux vibrations du diapason.

Digitized by Google

M. Guthrie cherche ensuite à démontrer que l'équilibre entre deux forces égales et opposées, agissant sur un même corps, n'est pas troublé lorsque l'on soumet l'une de ces deux forces à des changements successifs d'intensité, égaux et instantanés en sens contraire. Il établit ce fait par l'expérience du plongeur de Descartes, dont l'équilibre n'est pas troublé lorsqu'on met en vibration l'eau dans laquelle il flotte.

L'auteur, dans le cours de ses expériences, a modifié de plusieurs manières la nature de la surface qui reçoit les vibrations; en lui donnant, par exemple, la forme d'un cylindre étroit fermé à l'une de ses extrémités, tantôt en carton, tantôt en coton de laine, etc. Il a trouvé que, dans tous les cas, le corps librement suspendu s'approche de celui qui est mis en vibration.

M. Guthrie conclut de l'ensemble de ses expériences que cette attraction apparente entre un corps librement suspendu et un corps sonore mis en vibration, est due à un effet de pression atmosphérique provenant de la dispersion des ondes sonores.

H. Knoblauch. Ueber den Durchgang, etc. Sur le passage de la chaleur rayonnante a travers le sel gemme et la sylvine. (*Poggendorff's Annalen*, t. CXXXIX, p. 150.)

L'article dont nous voulons rendre compte ici est une réplique à la note publiée il y a quelques mois sur le même sujet par M. Magnus. Ce dernier n'a donné encore que les principaux résultats du travail qu'il a entrepris sur l'émission et l'absorption de la chaleur obscure par les corps à de basses températures [1]. La principale conclusion de son travail était, on s'en souvient, que le sel gemme est *monothermique* comme les vapeurs de sodium sont *monochromatiques*. Il disait avoir constaté que ce corps n'émet à 150° qu'une seule

[1] *Archives des Sc. phys. et natur.*, 1869, tome XXXVI, p. 51.

Digitized by Google

espèce de rayons calorifiques et qu'il absorbe de même uniquement les rayons appartenant à ce groupe, laissant passer tous les autres ; de là sa diathermanéité presqu'absolue. On le voit, ses conclusions étaient en complet désaccord avec les idées de Melloni et de Knoblauch, généralement admises depuis la publication de leurs travaux et d'après lesquelles le sel gemme serait un corps absolument *athermochroïque*.

M. Knoblauch maintient néanmoins son ancienne manière de voir, et pour la justifier il a recherché si la chaleur émise à 150° par le sel gemme ou par la sylvine passe dans les mêmes proportions ou dans des proportions différentes à travers deux plaques, l'une de sel gemme, l'autre de sylvine, à la température ordinaire. S'il se trouve que chacune des deux substances exerce la même absorption sur les rayons émis par le sel gemme que sur ceux qui émanent de la sylvine, il sera difficile d'admettre que le premier de ces corps soit monothermique.

M. Knoblauch chauffait les deux plaques devant servir de sources de chaleur obscure à l'aide d'une lampe à alcool ou d'un bec de Bunsen placé derrière elle à une distance convenable. Le tout était disposé avant chaque expérience de façon à ce que le rayonnement direct de la plaque chauffée sur la pile thermoélectrique donnât toujours la même déviation au galvanomètre ; cela étant, l'on observait la diminution produite par l'interposition d'une plaque de sel gemme ou de sylvine.

Par exemple : la chaleur directe émise par une plaque de sel gemme ayant donné une déviation de 13°, l'auteur trouva qu'elle se réduisait à 11° aussi bien par l'interposition d'une autre plaque de sel gemme que par celle d'une plaque de sylvine. Ayant eu ensuite une déviation de 13° également par le rayonnement direct d'une plaque de sylvine, il la vit se réduire à 11° par l'interposition de la plaque de sel gemme, et à 10°,75 par celle de la plaque de sylvine. Il ne semble donc pas qu'il y ait de différence dans le pouvoir absorbant de

Digitized by Google

ces deux substances pour les rayons émanant, soit de l'une, soit de l'autre d'entre elles.

Pour généraliser ce résultat, M. Knoblauch a opéré non plus seulement sur les rayons émis par une seule et même plaque de sel gemme et une seule et même plaque de sylvine parfaitement pures, mais il a étudié le passage à travers des plaques d'épaisseurs différentes de ces deux substances et à travers des plaques de verre, de rayons émis par des plaques de sel gemme et de sylvine de différentes dimensions, par des plaques de sel gemme mélangé d'anhydrite, par des plaques de sylvine contenant de la carnallite, enfin par une lampe Argand munie d'un cylindre de verre. Voici ce qu'il a obtenu.

Corps diathermane.	SURFACE RAYONNANTE.						
	Sel gemme pur.	Sel gemme pur d'autres dimensions	Sel gemme avec anhydrite	Sel gemme avec anhydrite d'autres dimensions	Sylvine pure.	Sylvine avec carnallite.	Lampe Argand avec cylindre de verre
Trois plaques différentes de sel gemme de 5mm d'épaisseur (même résultat toutes trois).	18°	18°	18°	18°	18°	18°	18°
Sylvine 4mm..	18°	18°	18°	18°	17,75	17,75	18°
Sylvine 4mm,5.	18°	18°	18°	18°	17,50	17,50	18°
Verre 1mm...	3°,5	3°,5	3°,5	3°,5	3°,5	3°,5	6°,00
Verre 3mm...	2°,0	2°,0	2°,0	2°,0	2°,0	2°,0	4°,25

D'où il suit que les trois plaques de sel gemme ont absorbé exactement dans les mêmes proportions les rayons de chaleur obscure émis par les sept surfaces rayonnantes différentes. Les rayons émis par le sel gemme et la sylvine purs ou impurs n'ont été ni plus ni moins absorbés que les rayons émis par une lampe, ce qui concorde avec les anciennes don-

Digitized by Google

nées expérimentales. Quant aux plaques de sylvine, leur pouvoir absorbant a été un peu plus fort pour les rayons émanant de cette substance même que pour toute autre espèce de rayons, mais cela d'une quantité excessivement faible. Enfin le verre s'est comporté suivant la loi admise et a absorbé les rayons de chaleur obscure en proportions beaucoup plus fortes que les rayons de chaleur lumineuse.

L'on voit aussi que, si d'une part le verre a exercé une grande absorption sur les rayons de chaleur obscure émanant d'une plaque de sel gemme, il n'en a point été de même pour le sel gemme lui-même, bien que ce corps doive, d'après M. Magnus, absorber une grande partie des rayons qu'il émet.

Nous n'insisterons pas davantage pour le moment sur cette question et attendrons la publication du Mémoire complet que le savant physicien de Berlin ne peut pas tarder à publier sur cet important sujet. E. S.

Spectres des gaz a différentes températures.

Les faits exposés par M. Wüllner dans ses deux importants Mémoires sur les spectres multiples de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote[1] ont été contestés depuis par M. Dubrunfaut dans une note insérée aux Comptes rendus de l'Académie des sciences[2]. Ce savant, après avoir exposé combien il est difficile de préparer des gaz parfaitement purs et combien il est difficile en particulier d'obtenir de l'hydrogène ou de l'oxygène ne présentant plus absolument la réaction spectrale de l'azote, cherche à interpréter les observations de M. Wüllner en invoquant l'impureté des gaz sur lesquels le physicien allemand aurait opéré. Il attribue la production

[1] Voir les extraits détaillés, que nous avons donnés de ces deux Mémoires, *Archives des Sc. phys. et natur.*, 1869, t. XXXV, p. 191, et t. XXXVI, p. 34.

[2] *Comptes rendus*, 15 décembre 1869, t. LXIX, p. 1245

Digitized by Google

des nouveaux spectres décrits par M. Wüllner à la présence de petites quantités d'azote [1] ou de vapeurs mercurielles. Ce n'était là qu'une simple hypothèse opposée aux conclusions d'un long et consciencieux travail, puisque M. Dubrunfaut n'a point cherché, jusqu'ici du moins, à prouver que les bandes ou les raies des spectres contestés par lui coïncidassent effectivement avec les bandes ou les raies des spectres de l'azote et du mercure. M. Wüllner [2] a répliqué en rappelant simplement les principales observations contenues dans ses deux Mémoires. Il insiste d'abord sur ce fait que le même tube lui a donné successivement les spectres de première et de seconde classe de l'hydrogène. Il montre ensuite que les nouveaux spectres attribués par lui à l'hydrogène et à l'oxygène diffèrent essentiellement du spectre de l'azote et de celui du mercure, d'où il suit que si l'on ne veut pas admettre que les spectres de l'hydrogène et de l'oxygène varient avec la pression, il faut admettre au moins que celui de l'azote est susceptible de changer complétement, suivant la nature des gaz auxquels il se trouve mélangé.

Voilà où en est le débat qui s'est élevé entre ces deux physiciens sur cette importante question d'analyse spectrale [3].

[1] Dans une note subséquente (*Comptes rendus*, 24 janvier 1870, t. LXX, p. 159), M. Dubrunfaut attribue les propriétés de l'oxygène ozoné à cette même cause, savoir à de l'azote préalablement mélangé à l'oxygène et qui, sous l'action de l'étincelle électrique, se transformerait en un composé azoté analogue à l'acide nitreux. Cette manière de voir, déjà si souvent discutée, ne peut guère se concilier avec les recherches qui ont été faites sur l'ozone : on obtient ce corps en proportions trop considérables pour qu'il semble possible de conserver de doute à cet égard

[2] *Comptes rendus*, 17 janvier 1870, t. LXX, p. 125.

[3] Depuis que cet article est composé, il a paru dans les *Comptes rendus* (28 févr. 1870, t LXX, p. 448) une nouvelle note de M. Dubrunfaut sur ce sujet. Ce physicien dit avoir obtenu dans un tube contenant de l'hydrogène réputé pur un spectre à bandes au pôle négatif et un spectre à raies au pôle positif où la température est beaucoup plus élevée. Mais il persiste à voir là le résultat du mélange de deux gaz (hydro-

Digitized by Google

Mais si d'une part les conclusions de M. Wüllner au sujet de l'existence des spectres multiples des gaz simples ont été contestées sans grandes preuves à l'appui; d'autre part elles semblent confirmées par les nouvelles expériences entreprises sur ce sujet par le P. Secchi qui, lui, s'est immédiatement emparé de la découverte de M. Wüllner et s'est efforcé avec succès, semble-t-il, d'en faire l'application à l'étude du soleil et même de certaines étoiles fixes.

Dans une communication adressée de Rome à l'Académie des sciences sous la date du 2 novembre 1869[1], il signale, en le rapprochant des expériences de M. Wüllner, le fait que le spectre d'un gaz raréfié, traversé par la décharge électrique, n'est pas le même, suivant que l'on vise avec le spectroscope sur la partie capillaire ou sur les boules d'un tube de Geissler ou encore sur les gaînes lumineuses enveloppant l'une ou l'autre électrode[2]. « Ces faits, dit-il, sont intéressants en ce qu'ils montrent que sous la même pression les différences de température qui existent dans les différentes parties du circuit de la décharge suffisent à elles seules pour produire des altérations dans les spectres. »

A propos de la note du P. Secchi, M. Lecoq de Boisbau-

gène et azote), dont les spectres se produisent isolément dans des conditions de température différentes. La température qui régnait dans ce cas au pôle positif était particulièrement favorable à la production du spectre de l'azote, celle qui régnait au pôle négatif à la production du spectre de l'hydrogène. Nous devons observer cependant que M. Dubrunfaut n'a point établi encore l'identité existant, selon lui, entre le spectre de première classe de l'hydrogène de M. Wüllner et le spectre de l'azote. Son raisonnement ne repose que sur une analogie entre ces deux spectres. C'est toujours une simple hypothèse et point une démonstration rigoureuse qu'il oppose jusqu'ici aux faits avancés par M. Wüllner.

[1] *Comptes rendus*, 22 novembre 1869, t. LXIX, p. 1052.

[2] M. Dove a déjà observé, il y a une dizaine d'années, que le spectre donné par l'auréole négative dans un gaz raréfié, n'est pas le même que celui que l'on obtient au pôle positif. (*Archives des Sc. phys. et natur.*, 1858, t. III, p. 191, et *Poggend. Ann.*, 1858, n° 5.)

Digitized by Google

dran[1] annonce qu'il a constaté des différences du même genre entre les spectres des différentes parties de l'étincelle d'induction éclatant à l'air libre. Il rappelle en même temps que ce fait n'est pas spécial aux gaz, mais que les spectres d'un grand nombre de corps changent avec la température à laquelle on les soumet. C'est ainsi que le spectre fourni par une étincelle électrique jaillissant à la surface d'une dissolution, varie parfois considérablement d'une portion à l'autre du jet. D'autres fois et même dans la plupart des cas, il arrive simplement que l'éclat relatif de certaines raies du spectre est changé. Les raies demeurent les mêmes, seulement celles qui étaient les plus brillantes s'effacent et d'autres qui étaient faibles d'abord l'emportent sur elles en éclat. Souvent aussi, le spectre demeurant constant dans ses éléments principaux, de nouvelles raies apparaissent à côté des anciennes, lorsque la température augmente.

Le P. Secchi a repris dernièrement ses recherches sur les variations que subissent les spectres des gaz simples avec la température[2]. Il a étudié les différents spectres donnés par l'étincelle électrique lorsqu'on la fait passer dans un tube plein d'un gaz raréfié et composé de trois parties successives de diamètres différents. Ayant fait passer la décharge d'une machine électrique ordinaire dans un tube contenant de l'azote raréfié et formé de trois parties dont la première était capillaire, la seconde avait 3^{mm} de diamètre, et la troisième 12^{mm} à 13^{mm}, il observa que, avec une certaine longueur d'étincelle, on peut avoir simultanément dans le même tube trois spectres différents, savoir : dans la partie capillaire un spectre de second ordre à raies brillantes, et dans les deux autres deux spectres cannelés, dont l'un est le spectre à cannelures fines, décrit par Plücker, l'autre un spectre à cannelures plus larges, tellement espacées que trois d'entre elles occupent la place de huit.

[1] *Comptes rendus*, 6 décembre 1869, , t. LXIX, p. 1189.
[2] *Comptes rendus*, 10 janvier 1870, t. LXX, p. 81-84.

Digitized by Google

L'hydrogène, le chlore, le brôme ont fourni des résultats analogues.

Chacun de ces gaz a donné un spectre de première classe dans les tubes plus larges, et un spectre à raies ou de seconde classe dans le tube capillaire[1]. Le P. Secchi conclut que dans les gaz deux spectres différents peuvent se produire, sous la même pression, par la seule influence d'une variation de la section du tube, qui elle-même ne peut agir que par le changement de température qu'elle entraîne avec elle[2].

Le célèbre astronome romain s'était tout de suite efforcé, nous l'avons dit, d'appliquer à l'étude du soleil les faits nouveaux, mis en lumière par M. Wüllner. Ayant reconnu que dans le spectre de Sirius et des autres étoiles de ce premier type, les raies de l'hydrogène sont fort élargies et diffuses sur les bords, il en conclut, conformément aux observations du physicien allemand, que ce gaz serait incandescent à la surface de ces étoiles sous une pression qui peut aller jusqu'à trois atmosphères. A la surface du soleil cette pression atteint probablement 400^{mm} et plus, comme on peut le conjecturer d'après le spectre en *persienne*, que donnent les taches solaires et qui se rapproche du spectre de première classe de l'hydrogène obtenu par M. Wüllner à de hautes pressions.

Quant aux raies de l'hydrogène données par les protubé-

[1] Ces expériences peuvent s'exécuter indifféremment avec une machine électrique ordinaire ou avec une bobine de Ruhmkorff en introduisant une bouteille de Leyde dans le circuit.

[2] Dans une nouvelle lettre adressée à l'Académie des Sciences (*Comptes rendus*, 28 février 1870, tome LXX, p. 431), le P. Secchi annonce qu'il a produit successivement dans un même tube, suivant qu'il le soumettait ou non à l'action d'un fort électro-aimant, les deux spectres de première et de seconde classe de l'azote. Cette expérience est la même que celle que nous venons de citer, car le magnétisme a pour effet de condenser d'avantage le jet, et par conséquent d'augmenter la température en diminuant la section.

Digitized by Google

rances solaires, elles sont élargies à leur base, mais vont sans cesse en se rétrécissant dans les parties plus éloignées du disque solaire, où la température et la pression sont moins élevées. Il est évident qu'il y a encore de l'hydrogène au delà de la région qui donne ces raies brillantes ; seulement sa température est trop basse en ces points-là, pour que l'on puisse constater sa présence par les procédés mis en œuvre jusqu'ici. On a du reste la preuve de l'existence d'une couche d'hydrogène au-dessus de la chromosphère et au-dessus des protubérances, dans ce fait que la raie C de l'hydrogène apparaît partout sur le disque du soleil comme une raie obscure, plus étroite seulement au-dessus des proéminences que sur le reste du disque, et que cette raie n'est brillante qu'aux points où se trouvent des taches.

Il pourrait très-bien se faire que d'autres gaz fussent mélangés à l'hydrogène dans les régions limites du soleil, par exemple de l'azote; seulement comme le spectre à raies brillantes de ce gaz exige pour se produire une température beaucoup plus élevée que celle à laquelle l'hydrogène donne un spectre de seconde classe, il arriverait que, la température n'étant pas assez élevée dans ces régions-là, les rayons émis par l'azote produiraient seulement un spectre à bandes impossible à percevoir dans les conditions de l'expérience, celle-ci consistant précisément à éteindre les bandes lumineuses, pour laisser seules subsister dans tout leur éclat les raies brillantes, telles que celles des spectres de seconde classe.

Le P. Secchi conclut en disant: « De ce que nous venons de dire, il paraît résulter que la détermination de la température de l'atmosphère solaire pourra être effectuée, si l'on réussit à fixer quelle est la température à laquelle, sous une certaine pression, ce gaz (l'hydrogène) cesse de donner des raies brillantes. »

Ces faits, on le voit, bien loin de devoir faire douter de l'exactitude de l'analyse spectrale, sont une preuve de plus

Digitized by Google

de la précision dont ce mode d'observation est susceptible, et ouvrent un champ nouveau et important aux applications de cette branche de la physique. E. S.

J.-C. Poggendorff. Ueber die Wanderung, etc. Du déplacement de l'enveloppe lumineuse qui entoure l'électrode négative lors du passage de l'étincelle d'induction dans l'air raréfié. (*Pogg. Annalen*, tome CXXXVIII, p. 642.)

L'article dont nous désirons rendre compte ici est consacré à décrire une observation faite il y a plusieurs années déjà par M. Poggendorff[1], concernant le développement de l'enveloppe lumineuse qui se forme autour de l'électrode négative dans de l'air raréfié traversé par la décharge d'une bobine d'induction et le déplacement auquel cette enveloppe est soumise le long de l'électrode à mesure que l'on diminue la pression de l'air.

L'appareil employé consistait en deux fils de platine de $\frac{1}{30}^{mm}$ de diamètre servant d'électrode et ayant l'un 0,5 pouce, l'autre 1,5 pouce de longueur; ils étaient fixés chacun à un autre fil de platine beaucoup plus épais, maintenu lui-même par une pince à un fil de cuivre encore plus gros. Le plus long de ces fils était enroulé autour du réservoir cylindrique d'un thermomètre à mercure très-sensible, placé à un pouce de l'extrémité de l'électrode. Ces deux électrodes n'étaient pas éloignées de plus de 1^{mm}. Le tout était placé sur la pompe pneumatique et recouvert d'une cloche sous laquelle on faisait graduellement le vide pendant que le courant passait.

Au début et avant qu'on eût fait le vide, les deux auréoles négatives et positives ne s'étendaient pas au delà de la fine pointe des électrodes, et le fil négatif était rougi vers son extrémité par le passage du courant; le thermomètre n'indi-

[1] *Monatsberichte*, 1861, p. 355.

Digitized by Google

quait aucune élévation de température. Lorsque la pression eut été amenée à n'être plus que de 7 pouces de mercure, le fil négatif cessa d'être rougi et s'enveloppa d'une gaîne lumineuse de plus en plus étendue. A un pouce de pression, cette gaîne s'étendait sur toute la portion du fil qui était enroulée autour du thermomètre, et celui-ci, qui était resté jusque-là stationnaire, monta alors de 20 degrés dans l'espace d'une minute.

La pression diminuant encore, l'enveloppe lumineuse s'étendit aussi sur le gros fil de platine, la pince et le fil de cuivre, en un mot sur toute la surface de l'électrode négative; c'est là, du reste, un phénomène que tout le monde a pu observer dans le passage de l'étincelle d'induction à travers des gaz de plus en plus raréfiés. De plus, et ceci, quoique peu surprenant, est cependant plus nouveau, l'élévation de température produite vers l'extrémité du fil de platine devenait de moins en moins marquée. A 0,5 pouce de pression le thermomètre montait encore de 13°,5 à une ligne de pression de 3°, enfin à 0,5 ligne plus que de 0°,5 dans l'espace d'une minute. A ces basses pressions, la gaîne lumineuse avait en grande partie disparu autour du fil mince formant l'extrémité de l'électrode.

Les maxima d'intensité lumineuse et calorifique à l'électrode négative se déplacent donc notablement suivant la pression, ce qui doit tenir évidemment, quoique l'auteur ne cherche pas à l'interpréter, à ce que la quantité d'électricité qui s'écoule à l'extrémité de ce fil, diminue de plus en plus à mesure que la résistance du milieu gazeux diminue elle-même et qu'une portion notable de la décharge s'accomplit à travers le gaz raréfié tout autour de l'électrode.

Si donc l'on veut comparer l'élévation de température produite par le passage de l'étincelle dans les deux électrodes, il convient de se placer à chacune d'elles dans des conditions identiques et de ne faire cette comparaison qu'entre deux points situés à égale distance des extrémités des électrodes.

Digitized by Google

Le fait observé par M. Poggendorff doit tenir uniquement à la forme de l'électrode et à la résistance excessive qu'elle présente à son extrémité par le fait qu'elle est un fil très-mince. E. S.

E. WARBURG. UEBER DEN EINFLUSS TÖNENDER SCHWINGUNGEN, etc. DE L'EFFET DU SON SUR LE MAGNÉTISME DU FER. (*Monatsberichte der Kön. preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, décembre, 1869, p. 857.)

Matteucci [1] et Villari [2] ont étudié tous deux les variations que subit le moment magnétique d'un barreau de fer ou d'acier sous l'action d'une traction longitudinale. Ce dernier a démontré que le magnétisme d'un fil de fer varie dans un sens différent suivant qu'il se dilate ou qu'il se contracte.

L'auteur du travail dont nous nous occupons ici est parvenu à mettre en évidence les modifications que subit le magnétisme d'un fil de fer sous l'action du son qu'on lui fait rendre en le faisant vibrer longitudinalement. Il mesure ces modifications par les courants induits qu'elles produisent dans une spirale entourant le fil de fer à son extrémité. Pour cela il emploie un électro-dynamomètre analogue à celui avec lequel Weber a constaté les courants induits produits par les oscillations transversales d'un fil de fer aimanté, dans une spirale qui entoure également son extrémité. L'auteur opérait sur un fil de fer ordinaire de 1890^{mm} de longueur, fixé en son milieu. En le faisant vibrer longitudinalement on obtenait un son correspondant à 1300 vibrations environ. Il se formait alors un nœud au milieu de chacune des deux moitiés du fil. L'une de ces deux moitiés était entourée d'une spirale destinée à produire son aimantation, tandis qu'une autre spirale en fil très-fin était enroulée autour du nœud de l'autre moitié du fil de fer. Cette dernière était

[1] *Annales de Chimie et de Phys.*, 1858, tome LVIII, p. 416.
[2] *Poggend. Annalen*, tome CXXVI.

Digitized by Google

en communication avec le dynamomètre à miroir, l'autre était traversée par le courant de deux éléments de Bunsen. Cela étant et en faisant vibrer le fil de fer on obtenait dans la petite spirale un courant induit mesuré par une déviation de 30 à 50 divisions à l'échelle du dynamomètre.

L'on n'obtenait en revanche aucune déviation dans le cas où l'on éloignait la petite spirale du nœud de vibration du fil de fer ; ce qui montre que le courant obtenu dans le premier cas ne tient pas au mouvement de va-et-vient des molécules de fer, mais à la compression et à la dilatation qui se produisent au nœud.

Avec un galvanomètre ordinaire on n'obtenait également aucune déviation, d'où il suit que les variations du magnétisme sont alternativement égales et de sens contraires.

Certains fils de fer n'ayant presque point donné d'effet, l'auteur essaya de les recuire au point où devait se former le nœud. Avec cette précaution il obtint ensuite dans tous les cas une déviation de 200 à 300 parfois même de 600 divisions. Comme point de comparaison il a noté que la cessation brusque de l'aimantation n'a donné qu'une déviation de 3 divisions.

L'effet produit par le mouvement oscillatoire n'augmente pas proportionnellement à l'intensité du magnétisme communiqué au fil de fer. Lorsque l'on a interrompu le courant dans la grande spirale, le magnétisme rémanant suffit pour que l'on obtienne encore une déviation de 50 à 60 divisions.

E. S.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

C.-Th. de Siebold. Ueber Parthenogenesis, etc. Sur la Parthénogénèse chez le Polistes gallica. (*Zeitschr. für wiss. Zool.*, *XX*: 1870. p. 236.)

Dès l'année 1858, M. Leuckart reconnut que les ouvrières dans les sociétés de bourdons et de guêpes pondent des œufs

Digitized by Google

et que ces œufs sont susceptibles de développement. M. de Siebold a repris ces expériences à l'aide du *Polistes gallica*. Ce vespide se recommande tout particulièrement pour de telles recherches parce que son nid consiste en un seul gâteau entièrement à découvert. L'imperfection relative de ce nid permet à l'observateur de poursuivre toutes les actions de ses habitants et tous les phénomènes qui se passent dans les alvéoles. M. de Siebold a réussi à fixer des colonies de Polistes en très-grand nombre dans des lieux déterminés par lui. Il est même parvenu à rendre ces nids mobiles pour les nécessités des expériences, sans en amener l'abandon par leurs habitants. Il a pu observer ainsi des centaines de colonies de Polistes, depuis leur naissance jusqu'à leur extinction.

Un nid de Polistes suffit pour un été entier à une colonie à laquelle il sert d'habitation et de lieu de couvée. En automne, toutes les colonies périssent, quelque nombreuses qu'elles aient été. A chaque printemps, des femelles isolées donnent naissance, chacune pour son compte, à une colonie nouvelle. Ces femelles sont nées durant l'été précédent qu'elles ont passé dans l'état virginal, et ont été fécondées par accouplement en automne, avant de s'engourdir dans le sommeil d'hiver. Les zoospermes emmagasinés dans le réceptacle de la semence se conservent en bon état pendant tout l'hiver et fécondent au printemps les œufs au fur et à mesure de la ponte. Chacune de ces femelles se construit un nid composé d'un petit nombre d'alvéoles, et s'occupe d'abord de la ponte puis de l'éducation de la nouvelle génération. Les nouveaux individus ainsi engendrés sont, jusques vers le milieu de l'été, exclusivement des femelles. Les premiers de ces individus, élevés par les mères isolées, sont des femelles de très-petite taille. Leur petitesse provient sans doute de ce que la mère, surchargée de travail, ne peut procurer à ses petits qu'une nourriture peu abondante. Ces petits individus ont été appelés jusqu'ici ouvrières ou neutres Toutefois, cette dénomination n'est pas exacte. M. de Siebold a disséqué plusieurs de

Digitized by Google

ces petits Polistes et s'est convaincu, par l'examen de leur appareil générateur, que ce ne sont point comme les abeilles ouvrières, des femelles arrêtées dans leur développement, mais bien des femelles parfaitement développées, dont les ovaires turgides sont remplis d'œufs prêts à être pondus.

Une fois que les mères primitives se sont ainsi formé des aides sous la forme de ces vierges actives, l'accroissement du nid chemine rapidement, et les larves, recevant la nourriture en plus grande abondance, se transforment en guêpes aussi grosses que la mère. Vers la fin de juin ou au commencement de juillet, le gâteau offre une grande surface et se trouve composé d'un très-grand nombre d'alvéoles. A cette époque, on remarque, pour la première fois, parmi les nombreuses femelles grandes et petites, quelques individus mâles. Leur nombre ne tarde pas d'ailleurs à s'accroître notablement. M. de Siebold, en présence de ces faits, s'est demandé si peut-être il n'existerait pas chez les Polistes une division du travail physiologique, en ce sens, que les femelles fécondées l'année précédente produiraient seulement les œufs féminins, tandis que les vierges de la nouvelle génération produiraient, par voie parthénogénésique, des œufs mâles. Cette hypothèse semblait appuyée par le petit nombré de tubes ovariques des Polistes, tubes qui ne peuvent produire qu'un nombre d'œufs peu considérable.

Les expériences ont confirmé cette hypothèse de la manière la plus éclatante. M. de Siebold choisit un certain nombre de nids au printemps, à une époque où les mères avaient élevé déjà une ou deux aides. Il enleva à ces nids les mères et les disséqua pour constater l'état de leurs organes générateurs. Il trouva toujours les tubes ovariques en pleine activité et le réceptacle de la semence plein de zoospermes mobiles. En même temps, il vida entièrement toutes les cellules de ces nids qui contenaient des œufs ou de très-petites larves en ne conservant en vie que les larves de grosse taille. Malgré la disparition des mères, les petites vierges continuèrent

Digitized by Google

de donner leurs soins aux larves conservées, et par conséquent les colonies ne périrent point. M. de Siebold avait eu la précaution de noter, pour chacun des nids mis en expérience, les alvéoles occupés et les alvéoles vides. Au bout de quelques jours, il s'aperçut qu'une partie de ces derniers renfermaient des œufs. Un examen attentif lui permit même de surprendre quelques-unes des petites guêpes vierges au moment où elles pondaient au fond d'une cellule. Ces individus furent immédiatement sacrifiés et M. de Siebold trouva les six tubes ovariques entièrement développés, remplis d'œufs à différents degrés de croissance et le réceptacle de la semence parfaitement formé, mais entièrement vide. Pendant ce temps, grâce aux soins assidus des jeunes vierges, de nouveaux individus femelles, provenus des grosses larves non sacrifiées, arrivèrent à l'état complet de développement et s'associèrent sans tarder aux travaux de la société. Les nids s'accrurent, par conséquent, de cellules nouvelles, qui furent bientôt occupées par des œufs pondus par des vierges. Tous ces œufs, et c'est là le fait important, se développèrent malgré l'absence de fécondation, et donnèrent naissance à de jeunes larves qui prospérèrent grâce aux soins de la société virginale. Toutes ces larves, à la transformation en insecte parfait, donnèrent des mâles, en opposition avec les larves qu'avait produites précédemment la mère primitive et qui n'avaient donné que des femelles.

On pourrait peut-être se demander si une mère étrangère et fécondée n'a pas pu pénétrer accidentellement dans les nids privés de leur mère, pour y pondre çà et là dans quelques alvéoles. A cette question M. de Siebold répond par une négation formelle. Pendant les quatre années qu'il a consacrées à l'étude de ces guêpes, il s'est constamment assuré que les habitants d'un même nid ne tolèrent jamais l'intrusion d'un Poliste d'une autre colonie dans leur société. L'instinct de ces hyménoptères les avertit que ces intrus ne sont que des brigands pénétrant dans leur nid pour voler les

Digitized by Google

larves et les dévorer. Il est donc évident que chez le *Polistes gallica* les individus mâles naissent parthénogénésiquement aux dépens d'œufs non fécondés. E. C.

BOTANIQUE.

A. Millardet. Le Prothallium male des Cryptogames vasculaires. *Strasbourg*, 1869.

Nos connaissances sur la véritable nature des fonctions de reproduction des plantes sont bien moins avancées que celles qui ont rapport aux fonctions de nutrition. Tout travail sur ces sujets-là offrira donc un grand intérêt, surtout si l'auteur, comme c'est le cas ici, s'est élevé à des considérations générales, et ne s'est pas borné à la description plus ou moins minutieuse de certains organes. A ce point de vue, le titre du mémoire de M. Millardet est trop modeste. Après avoir décrit quelques observations nouvelles sur le développement des microspores des cryptogames supérieures, l'auteur cherche à embrasser d'un coup d'œil toute la série des phénomènes de reproduction chez les plantes supérieures, et il montre combien les anciennes divisions sont factices, et combien d'un groupe à l'autre les différences sont moins tranchées qu'on ne le croyait autrefois. Sans vouloir précisément le suivre dans les arguments qu'il y trouve en faveur de la théorie de la filiation des types, bornons-nous à voir dans ces observations extrêmement intéressantes des preuves nouvelles de l'unité du plan de la création.

Dans la première partie de son travail, M. Millardet a étudié la germination des microspores des genres Marsilia, Pilularia, Isoëtes, Selaginella. Il a pu constater partout la présence d'un prothallium plus ou moins développé, particularité qui avait échappé à tous les autres observateurs. Chez les Marsilia et Pilularia, ce prothallium se trouve repré-

Digitized by Google

senté plutôt physiologiquement que morphologiquement, si l'on peut parler ainsi. L'anthéridie, en se développant au sein de la microspore, laisse tout autour d'elle un espace vide rempli d'un liquide mucilagineux chargé de substances nutritives. Bien qu'aucune cellule ne s'y rencontre, ces matières servent évidemment à la production de l'anthéridie, et jouent par là le rôle d'un véritable prothallium. Chez les Isoëtes et les Selaginella, le prothallium mieux défini au point de vue morphologique ne joue presque aucun rôle physiologique. Le contenu de la microspore se scinde en effet en deux parties : l'une beaucoup plus petite, véritable cellule végétative cachée au sommet de la microspore, s'enveloppe d'une membrane et ne subit aucune métamorphose subséquente. Dans la partie la plus grande, au contraire, se développe l'anthéridie ; celle-ci, dans le premier de ces genres, donne naissance à quatre anthérozoïdes seulement ; dans le second, à un nombre beaucoup plus considérable.

Quant aux anthérozoïdes eux-mêmes, l'auteur se place à un point de vue opposé à celui de Schacht ; il nie absolument leur nature cellulaire, ne voit en eux que du protoplasma modifié, et montre que la vésicule qui leur est souvent adhérente, n'a pas, dans l'acte de la fécondation, d'importance physiologique et manque d'ailleurs très-souvent. Ce n'est, suivant lui, que le résidu de la masse protoplasmique placée au centre de la cellule mère, et aux dépens de laquelle l'anthérozoïde s'est développé.

Dans la seconde partie de son travail, M. Millardet ayant constaté l'existence d'un prothallium mâle partout où l'on n'en connaissait pas avant lui, cherche à faire ressortir l'importance morphologique de ce fait en esquissant rapidement l'évolution des types principaux des végétaux supérieurs. Ainsi que l'a exprimé M. Sachs, on entend par alternances de générations, ou générations alternantes. « la succession « régulière dans le cycle morphologique d'un individu, de plu- « sieurs formes complétement différentes, dérivées d'autant

Digitized by Google

« de changements profonds dans son mode de développe-
« ment. » Appuyé sur cette définition, l'auteur montre successivement dans les différents groupes de cryptogames supérieures et de phanérogames, l'existence de deux générations successives, l'une sexuée et l'autre asexuée.

Chez les cryptogames d'abord, le phénomène est facile à constater. Les unes (Equisétacées, Fougères, Ophioglossées) sont Isosporées, c'est-à-dire ne produisent qu'une seule espèce de spores ; celle-ci produit à son tour un prothallium assez développé, muni de chlorophylle et de racines, susceptible par conséquent d'une vie indépendante. Sur le même prothallium ou sur deux voisins naissent d'abord les anthéridies qui, à leur maturité, laissent échapper des anthérozoïdes, puis viennent les archégones formés, en général, d'une cellule centrale à laquelle donne accès un canal ouvert à l'extérieur. La fécondation opérée, la première période est close, et alors commence la génération asexuée. L'embryon se développe d'abord au sein du prothallium, puis s'en dégage, et parcourt les différentes phases de son développement que nous n'avons pas à décrire ici. Finalement cette seconde génération termine son évolution par le développement des organes de multiplication ou spores, qui naissent toujours d'une feuille normale ou modifiée.

Les autres cryptogames (Rhizocarpées et Lycopodiacées) sont Hétérosporées, c'est-à-dire munies de deux sortes de spores (microspore ou androspore et macrospore ou gynospore.) Du reste, l'histoire de leur développement se rapporte très-aisément au plan que nous venons d'esquisser. Des deux espèces de spores naissent des prothallium, souvent plus ou moins rudimentaires. Chaque prothallium produira, suivant son origine, des anthérozoïdes ou des archégones. La fécondation opérée, la seconde génération commencera ; l'embryon développé d'abord au sein du prothallium femelle, vivra bientôt d'une vie indépendante et deviendra une plante complète. L'évolution, comme dans le cas précédent, se ter-

Digitized by Google

minera par le développement des spores ou organes de multiplication.

Les Gymnospermes forment une transition toute naturelle entre les cryptogames et les phanérogames proprement dites. Personne n'aura de peine à identifier les anthères avec les microsporanges et les grains de pollen avec les microspores. Les cellules au nombre de une à trois, qui se développent toujours au sein des anthères représentent exactement le prothallium ; la cellule extrême de laquelle naît le tube pollinique sera l'anthéridie. Au point où le tube pollinique s'applique contre l'ovule, il est souvent possible de distinguer, dans son intérieur, une ou plusieurs cellules primordiales qui représentent le dernier vestige des cellules mères des anthérozoïdes.

L'organe femelle, un peu plus profondément modifié, est cependant encore facile à reconnaître. Le sac embryonnaire ou macrospore ne se sépare point de la plante comme les macrospores des cryptogames ; l'embryon doit, en effet, atteindre un degré de développement beaucoup plus élevé que dans les cas précédents ; il est donc naturel qu'il reste adhérent à la plante, si l'on songe surtout que le prothallium ou endosperme se développe fort peu.

Au moment de la fécondation ou même un peu avant, des cellules endospermiques (prothallium) remplissent le sac embryonnaire ou macrospore. Bientôt à la partie supérieure de celui-ci, quelques-unes de ces cellules se différencient et deviennent les « corpuscules » qui représenteront exactement les archégones. C'est dans leur sein que le moment venu les cellules germinatives paraissent, et que la fécondation s'opère par diffusion, la matière fécondante traversant successivement la membrane du tube pollinique et celle des corpuscules.

C'est ici que commence la seconde période ou génération asexuée, qui, chez les phanérogames, tend à prendre beaucoup plus d'importance que l'autre A mesure que les or-

Digitized by Google

ganes qui prennent part à la génération sexuée sont plus dégradés, ceux qui naissent de la génération asexuée sont plus nombreux et plus parfaits.

Nous n'avons pas le temps de suivre ici tout le développement de l'embryon. Rappelons seulement qu'il commence par vivre aux dépens de l'endosperme, comme l'embryon cryptogame vit aux dépens du prothallium. Le développement de la seconde génération est interrompu par une période de repos ou sommeil léthargique au sein de la graine, fait qui n'infirme en rien la théorie. Lorsque la vie de la jeune plante ayant repris son cours, celle-ci est arrivée à sa forme parfaite, elle clôt son cycle biologique par la production des organes de multiplication correspondant aux micro- et macrospores, c'est-à-dire du pollen et des sacs embryonnaires. Comme chez les cryptogames, ces spores sont produites par les feuilles modifiées; le fait est prouvé pour les étamines, et est au moins probable pour les ovules.

Enfin, grâce aux rapports qui les unissent aux Gymnospermes, les phénomènes de reproduction des Angiospermes pourront se ramener au même plan général. Le grain de pollen représentera toujours la microspore; seulement, il n'y a plus trace de prothallium, pas plus que de cellules mères des anthérozoïdes. Le développement se trouve limité à l'expansion de l'intine sous forme de tube pollinique.

Dans le sac embryonnaire ou macrospore, il ne se développe plus d'archégones; les cellules germinatives naissent directement dans son sein, mais aussitôt après la fécondation il reprend son rôle et devient le siége de la production de l'endosperme ou prothallium. L'apparition de celui-ci se trouve ici suivre la fécondation au lieu de la précéder. Les deux périodes sont donc moins nettement délimitées chez les Angiospermes que chez les autres plantes. Elles existent toutefois; la seconde, ou période asexuée tend seulement à prendre toujours plus le pas sur la période sexuée, ainsi que je l'ai indiqué pour les Gymnospermes.

Digitized by Google

Enfin, l'embryon se développe, et la génération asexuée se trouve, comme dans le cas précédent, coupée par une période de repos au sein de la graine. A la fin de la période de végétation, la plante ferme toujours son cycle biologique par la production des organes de multiplication. Seulement ici les modifications sont plus profondes, et au lieu de n'atteindre que la feuille destinée à produire les spores, elles atteignent toute la partie supérieure de l'axe, et ainsi se trouve formée la fleur avec ses différents verticilles.

Telle est la suite de raisonnements sur lesquels l'auteur fonde son idée de l'unité des fonctions de reproduction chez les végétaux, idée qu'il fait, du reste, remonter à M. Sachs; celui-ci l'a émise dans son *Lehrbuch der Botanik*, publié à Leipzig en 1868. Quelle que soit la valeur que l'on attache à ses conclusions, ce travail de M. Millardet présente donc un grand intérêt; il est à regretter, seulement, que les planches que l'auteur compte publier plus tard, dans un recueil scientifique, n'accompagnent pas le mémoire lui-même. M. M.

Digitized by Google

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE FÉVRIER 1870.

Le 3, gelée blanche le matin.

5, couronne solaire à plusieurs reprises dans la journée, faible halo solaire de 2 3/4 à 4 h.; couronne lunaire dans la soirée.

7, forte gelée blanche le matin de bonne heure, puis brouillard depuis 8 h. du matin jusque dans l'après-midi à 4 h., où il a commencé à neiger: la hauteur de la neige tombée dans la soirée a été de 105mm.

10, il a neigé de nouveau dans la nuit du 9 au 10, hauteur de la couche 35mm; de même la neige de la soirée et de la nuit du 10 au 11 a donné une nouvelle couche de 25mm.

11, à 6 h. du soir, la bise a commencé à souffler avec force, elle a duré jusqu'au lendemain à 8 h. du soir; il a recommencé à neiger le 11 à 8 h. du soir et la neige a duré presque sans interruption jusqu'au lendemain à midi, cependant la hauteur ne s'élève qu'à 80mm, une partie ayant été emportée par la bise.

17, brouillard épais une grande partie de la journée.

18, id.

19, id.

21, neige depuis 2 h. après midi jusqu'au lendemain à 6 h. matin, hauteur de la neige tombée 115mm.

26, gelée blanche le matin; faible halo solaire de 8 h. à 9 h. matin.

Digitized by Google

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1 à 10 h. matin	735,10	Le 5 à 6 h. matin	723,60
6 à 10 h. matin	731,09	9 à 7 h. matin	717,23
11 à 8 h. soir	724,65	13 à 5 h. soir	718,32
15 à 8 h. soir	724,38	16 à 2 h. après midi	722,54
17 à midi	724,25	19 à 5 h. soir	719,79
20 à 10 h. soir	726,13	21 à 10 h. soir	714,56
22 à 10 h. soir	725,17	24 à 4 h. après midi	717,29

Digitized by Google

Jours du mois	Baromètre 0. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre 0. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du sol. Midi.	Temp. du sol. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre 111 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0		cm.
1	734,49	+ 7,27	+ 0,53	+0,33	— 4,7	+ 5,6	3,53	—0,72	742	—111	460	930	...	...	variable	0,83	5,3	+ 0,6	78
2	730,08	+ 2,92	— 0,14	—0,41	— 5,2	+ 7,0	4,04	—0,22	875	+ 23	640	1000	...	...	variable	0,12	4,7	0,0	78
3	726,61	— 0,49	— 0,70	—1,04	— 6,6	+ 6,1	3,49	—0,77	802	— 48	540	1000	...	...	SSO. 1	0,06	4,7	0,0	78
4	725,29	— 1,76	— 0,86	—1,27	— 6,3	+ 4,8	3,48	—0,79	802	— 46	550	970	...	...	S. 1	0,82	4,6	— 0,1	79
5	725,05	— 1,94	+ 1,23	+0,75	— 1,3	+ 5,6	4,12	—0,16	827	— 18	600	1000	...	...	variable	0,79	4,7	0,0	80
6	730,23	+ 3,30	+ 0,14	—0,41	— 4,4	+ 5,5	4,06	—0,23	871	+ 28	650	1000	...	...	variable	0,09	—	—	78
7	725,94	— 0,93	— 1,80	—2,43	— 5,6	+ 1,8	4,02	—0,28	975	+134	810	1000	10,4	9	SSO. 1	0,91	4,8	+ 0,1	78
8	720,13	— 6,68	+ 0,35	—0,36	— 1,1	+ 4,4	4,64	+0,33	986	+147	840	1000	2,3	4	variable	1,00	4,9	+ 0,1	79
9	717,65	— 9,09	— 2,04	—2,83	— 3,0	+ 0,8	3,81	—0,51	967	+130	890	1000	...	...	N. 1	1,00	4,6	— 0,2	79
10	719,21	— 7,47	— 0,29	—1,17	— 3,6	+ 3,2	3,61	—0,72	822	— 13	570	1000	2,4	6	SSO. 1	0,92	5,0	+ 0,2	79
11	723,62	— 2,99	— 5,13	—6,10	— 6,1	— 2,6	2,77	—1,57	903	+ 70	800	970	0,9	2	NNE. 2	1,00	4,7	— 0,1	79
12	722,42	— 4,13	— 5,82	—6,88	— 6,9	— 3,9	2,79	—1,56	953	+122	840	1000	1,8	12	NNE. 2	1,00	2,5	— 2,3	80
13	719,38	— 7,10	— 4,61	—5,76	— 6,3	— 1,8	2,97	—1,39	923	+ 94	760	970	...	...	variable	0,91	—	—	79
14	719,70	— 6,72	— 3,69	—4,93	— 8,7	— 1,6	3,27	—1,10	914	+ 87	760	1000	...	...	SSO. 1	0,91	3,8	— 1,1	77
15	723,20	— 3,17	— 0,67	—2,00	— 3,3	+ 0,9	3,85	—0,52	876	+ 52	800	940	...	...	NE. 1	1,00	3,8	— 1,1	76
16	722,95	— 3,36	— 0,47	—1,90	— 1,3	+ 1,7	3,84	—0,54	871	+ 49	790	890	...	...	ENE. 1	1,00	4,2	— 0,7	75
17	723,73	— 2,53	+ 0,57	—0,96	— 1,0	+ 4,1	4,44	+0,06	934	+115	710	990	...	...	variable	1,00	4,5	— 0,5	75
18	722,24	— 3,97	+ 2,23	+0,60	+ 0,3	+ 4,8	5,12	+0,73	947	+131	860	980	2,2	6	SO. 1	0,98	4,7	— 0,3	72
19	720,02	— 6,13	+ 2,60	+0,87	+ 1,1	+ 5,1	5,53	+1,14	996	+182	880	1000	5,9	8	N. 1	0,93	4,8	— 0,2	75
20	723,43	— 2,67	+ 2,59	+0,76	+ 1,0	+ 5,0	4,48	+0,08	824	+ 13	600	990	...	...	N. 1	0,99	—	—	68
21	722,40	— 3,65	— 1,56	—3,50	— 2,5	+ 1,7	3,71	—0,70	904	+ 96	730	990	1,6	8	S. 2	1,00	4,2	— 0,9	75
22	719,97	— 6,03	— 3,06	—5,11	— 9,7	+ 2,0	2,89	—1,53	806	0	550	1000	3,6	7	variable	0,37	4,2	— 0,9	75
23	723,07	— 2,87	— 6,77	—8,93	—14,8	+ 0,7	2,39	—2,04	826	+ 23	620	1000	...	...	SO. 1	0,51	3,0	— 2,2	75
24	718,45	— 7,44	+ 3,43	+1,16	— 7,2	+10,0	4,29	—0,15	697	—104	450	860	...	...	variable	0,83	4,4	— 0,8	75
25	719,43	— 6,40	+ 3,66	+1,28	+ 0,8	+ 7,3	5,03	+0,58	851	+ 53	660	950	...	...	NNE. 1	0,28	4,9	— 0,3	75
26	719,79	— 5,99	+ 4,90	+2,41	— 1,5	+11,0	5,15	+0,69	783	— 12	540	990	...	...	variable	0,68	4,8	— 0,5	75
27	722,44	— 3,28	+ 5,77	+3,17	+ 3,0	+10,7	5,64	+1,17	823	+ 30	610	920	...	...	NNE. 1	0,36	—	—	74
28	724,76	— 0,91	+ 7,37	+4,66	+ 2,0	+12,5	5,81	+1,33	749	— 41	570	880	...	...	variable	0,47	5,5	+ 0,1	73

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	725,84	726,07	726,01	725,76	725,10	724,90	725,05	725,20	725,18
2e «	721,92	722,27	722,42	722,39	721,84	721,86	722,24	722,59	722,72
3e «	721,19	721,86	721,91	721,72	721,04	720,72	721,03	721,27	721,35
Mois	723,11	723,51	723,56	723,40	722,78	722,62	722,90	723,15	723,21
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	— 3,49	— 2,90	+ 0,13	+ 2,87	+ 3,34	+ 2,84	+ 1,72	+ 0,13	— 1,13
2e «	— 2,47	— 2,22	— 1,09	+ 0,29	+ 0,80	+ 0,56	— 0,08	— 0,88	— 1,27
3e «	— 1,29	— 0,90	+ 2,35	+ 4,96	+ 5,52	+ 5,44	+ 4,03	+ 2,19	+ 0,57
Mois	— 2,50	— 2,09	+ 0,33	+ 2,55	+ 3,06	+ 2,77	+ 1,74	+ 0,36	— 0,69
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1er décade	3,46	3,52	3,85	3,85	3,98	4,19	4,13	4,15	4,04
2e «	3,71	3,84	3,95	4,02	4,12	4,01	3,91	3,86	4,00
3e «	4,01	4,05	4,29	4,60	4,55	4,48	4,64	4,49	4,41
Mois	3,70	3,78	4,01	4,13	4,19	4,21	4,20	4,14	4,13
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	974	931	835	690	692	754	802	900	955
2e «	945	962	912	847	831	819	847	882	933
3e «	914	901	761	682	660	646	736	805	888
Mois	946	941	841	744	733	746	799	866	928

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	cm
1re décade	— 4,18	+ 4,48	0,65	4,81	15,1	78,6
2e «	— 3,12	+ 1,17	0,97	4,12	10,8	75,6
3e «	— 3,74	+ 6,99	0,56	4,43	5,2	74,6
Mois	— 3,67	+ 4,01	0,74	4,47	31,1	76,4

Dans ce mois, l'air a été calme 6,7 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,97 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 89°,8 O., et son intensité est égale à 3,6 sur 100.

Digitized by Google

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE FÉVRIER 1870.

Le 3, brouillard depuis 4 h. de l'après-midi à 6 h.
4, id. depuis 4 h. de l'après-midi.
5, id. tout le jour.
7, id. depuis 4 h. de l'après-midi.
8, id. toute la journée.
9, id. depuis 8 h. du soir.
10, id. à peu près toute la journée.
11, id. une grande partie de la journée.
12, id. de midi à 4 h.
14, id. la plus grande partie de la journée. La neige tombée a été emportée en partie par le vent.
15, id. de 6 h. du soir à 8. h.
16, id. le matin jusqu'à 10 h.
17, id. depuis midi.
18, 19, id. à peu près toute la journée.
21, la neige tombée a été emportée par le vent.
23, id. de midi à 4 h.
27, id. depuis 4 h. du soir.
28, id. tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM

	mm
Le 1 à 6 h. soir	567,37
6 à 10 h. matin	564,10
12 à 10 h. soir	558,50
17 à 10 h. soir	559,34
20 à 6 h. soir	558,04
24 à 10 h. matin	557,15
28 à 10 h. soir	565,56

MINIMUM.

	mm
Le 5 à 6 h. matin	559,53
9 à midi	551,21
13 à 6 h. soir	555,85
19 à 2 h. après-midi	555,65
22 à 6 h. matin	543,28
25 à 6 h. matin	555,60

Digitized by Google

SAINT-BERNARD FÉVRIER 1870.

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.			
1	566,99	+ 6,54	566,13	567,37	— 7,33	+ 1,74	— 8,7	— 4,5	.....	.....	....	NE. 1	0,10
2	564,45	+ 4,03	563,38	565,78	— 9,87	— 0,81	—12,8	— 7,2	.....	.....	....	SO. 1	0,13
3	562,00	+ 1,68	561,87	562,29	—11,17	— 2,12	—12,4	— 9,0	.....	.....	....	SO. 1	0,40
4	560,84	+ 0,50	560,48	561,51	— 9,56	— 0,52	—11,2	— 7,5	.....	.....	....	SO. 1	0,67
5	560,32	+ 0,02	559,53	561,80	— 8,54	+ 0,49	—11,5	— 6,4	.....	.....	....	SO. 1	0,93
6	563,57	+ 3,30	562,88	564,10	— 7,84	+ 1,18	—11,9	— 3,5	.....	.....	....	calme	0,00
7	559,76	— 0,47	558,12	561,51	—10,31	— 1,30	—11,7	— 7,8	.....	.....	....	SO. 1	0,72
8	554,09	— 6,11	552,32	555,85	— 8,82	+ 0,17	—10,0	— 5,4	.....	.....	....	NE. 1	0,80
9	551,52	— 8,65	551,21	552,45	—11,66	— 2,69	—13,4	— 9,2	.....	.....	....	NE. 1	0,50
10	552,18	— 7,96	552,04	552,47	—11,65	— 2,70	—14,2	— 7,9	.....	.....	....	NE. 1	0,59
11	554,09	— 6,01	552,45	555,43	—12,27	— 3,34	—13,2	—11,2	70	6,3	4	SO. 1	0,51
12	557,27	— 2,80	556,09	558,50	—10,04	— 1,13	—11,3	— 7,5	.....	.....	....	SO. 2	0,94
13	557,20	— 2,84	555,85	558,26	— 6,70	+ 2,18	— 7,2	— 5,6	.....	.....	....	SO. 3	1,00
14	556,98	— 3,03	556,85	557,35	— 4,53	+ 4,32	— 5,4	— 3,0	50	4,2	4	SO. 2	0,88
15	557,20	— 2,78	556,55	557,94	— 5,05	+ 3,77	— 5,8	— 3,1	50	4,6	4	NE. 1	0,83
16	557,57	— 2,38	557,44	558,23	— 6,07	+ 2,72	— 7,8	— 3,3	.....	.....	....	SO. 1	0,48
17	559,00	— 0,92	558,34	559,34	— 8,04	+ 0,72	— 8,8	— 6,2	.....	.....	....	SO. 1	0,92
18	557,64	— 2,25	557,09	558,50	— 8,05	+ 0,68	— 8,9	— 6,5	.....	.....	....	SO. 1	0,68
19	555,77	— 4,10	555,65	556,09	— 7,22	+ 1,47	— 8,7	— 4,3	.....	.....	....	NE. 1	0,69
20	557,19	— 2,66	556,23	558,04	— 9,06	— 0,41	—12,0	— 6,1	45	4,5	4	SO. 1	0,19
21	551,86	— 7,97	546,54	555,91	—11,03	— 2,42	—11,9	— 7,4	.....	.....	....	NE. 2	0,98
22	548,92	—10,89	543,28	553,41	—18,82	—10,25	—19,9	—17,5	.....	.....	....	NE. 3	0,74
23	556,08	— 3,71	554,65	556,87	— 6,52	+ 2,01	—11,9	— 1,3	.....	.....	....	SO. 1	0,36
24	556,19	— 3,58	555,75	557,15	— 8,44	+ 0,05	— 9,4	— 6,8	.....	.....	....	SO. 1	0,67
25	556,24	— 3,51	555,60	557,13	— 4,34	+ 4,10	— 7,9	— 0,3	.....	.....	....	variable	0,10
26	557,66	— 2,07	557,13	558,54	— 6,37	+ 2,02	— 8,6	— 4,2	.....	.....	....	SO. 1	0,38
27	561,07	+ 1,36	559,60	562,03	— 6,16	+ 2,18	— 6,4	— 5,0	.....	.....	....	SO. 1	0,51
28	564,20	+ 4,50	562,69	565,56	— 4,76	+ 3,53	— 5,8	— 3,2	.....	.....	....	SO. 1	0,98

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s
				Baromètre.					
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	559,84	560,01	560,05	559,84	559,44	559,43	559,53	559,52	559,40
2e »	556,70	556,97	557,14	557,18	556,98	557,00	557,12	557,29	557,46
3e »	555,69	556,27	556,65	556,81	556,77	556,78	556,95	557,02	556,73
Mois	557,53	557,85	558,04	558,03	557,80	557,81	557,93	558,01	557,95
				Température.					
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	—10,95	—10,68	— 9,32	— 8,02	— 6,84	— 7,91	— 9,30	—10,16	—10,84
2e »	— 8,49	— 7,93	— 6,97	— 6,38	— 6,24	— 6,52	— 7,58	— 8,17	— 7,99
3e »	— 9,41	— 8,57	— 6,79	— 6,09	— 6,41	— 7,48	— 8,31	— 9,31	— 9,31
Mois	— 9,63	— 9,10	— 7,76	— 6,88	— 6,50	— 7,29	— 8,40	— 9,21	— 9,39

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade	—11,78	— 6,84	0,48	—	—
2e »	— 8,91	— 5,68	0,71	19,6	215
3e »	—10,22	— 5,71	0,59	—	—
Mois	—10,31	— 6,10	0,60	19,6	215

Dans ce mois, l'air a été calme 11 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,53 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° O., et son intensité est égale à 33,3 sur 100.

* Voir la note du tableau.

Digitized by Google

Digitized by Google

REVUE DES TRAVAUX

RELATIFS

A LA GÉOLOGIE ET A LA PALÉONTOLOGIE

DE LA SUISSE

PENDANT L'ANNÉE 1869

PAR

M. ERNEST FAVRE

(avec une planche.)

Je désire donner dans cette notice un aperçu des progrès de la géologie de la Suisse pendant l'année 1869. Une revue de ce genre, faite annuellement, sera, je l'espère, de quelque utilité dans notre pays où les travaux scientifiques sont écrits dans diverses langues et dispersés dans les journaux périodiques d'un grand nombre de villes, Berne, Zurich, Bâle, Genève, Lausanne, Neuchâtel, Lucerne, Aarau, Coire et Lugano.

L'ordre que j'ai adopté dans cette notice est le suivant:

I. La chaîne des Alpes.

II. Le Jura et la plaine.

III. Ouvrages généraux.

Je suivrai, autant que possible, la série chronologique des terrains, quoiqu'il soit difficile de se conformer à cette règle en s'occupant de descriptions locales.

La première partie sera plus développée que les autres. Les Alpes prennent en effet dans la science une importance de plus en plus grande. On y a reconnu successivement l'existence de presque tous les terrains, et on n'est plus tenté d'y voir une série de formations exceptionnelles et locales. C'est aux dépôts alpins qu'on pour-

Digitized by Google

rait au contraire appliquer le terme de formations *normales* * revendiqué jusqu'ici pour les dépôts du nord de l'Europe et surtout pour ceux du bassin anglo-parisien; un grand nombre de terrains des Alpes ont été formés dans la haute mer et sur une très-grande étendue **; leur puissance atteste que le temps pendant lequel ils se sont déposés a été très-long, tandis que ceux du bassin anglo-parisien présentent souvent des faciès locaux des mêmes faunes qui, soumis à des circonstances variées, ont subi de fréquentes transformations faciles à constater, grâce à l'abondance de leurs fossiles.

I. Les Alpes.

M. A. Muller [50] ȣ a terminé une série de recherches sur les *roches cristallines* des Alpes. Après avoir étudié celles du bassin de la Reuss *** dans les vallées de Maderan, d'Etzli et de Felli, il a examiné le versant sud des montagnes de la même région, c'est-à-dire les vallées des affluents du Rhin qui découlent du massif du Crispalt. Les roches constitutives de ces vallées sont analogues à celles du versant nord et sont formées d'alternances de schistes cristallins et de gneiss d'origine sédimentaire. Le gneiss de ce massif et de celui du Saint-Gothard est caractérisé par la prédominance de quartz grenu très-différent du quartz hyalin par son aspect et son origine.

* Pictet, *Archives des Sciences phys. et natur*, 1869, XXXVI, p. 243.

** Dernièrement encore, on a reconnu des dépôts semblables à ceux du muschelkalk et du trias supérieur des Alpes, au Spitzberg et dans l'Himalaya où ils sont caractérisés par quelques-uns des mêmes fossiles. V. Mojsisovics, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1869, XIX, p. 592.

ȣ Ces chiffres se rapportent à la liste des travaux disposée par ordre alphabétique à la fin de cette notice.

*** *Verhandl. naturf. Ges. Basel*, IV, p. 355 et 559.

Digitized by Google

M. Muller l'a appelé gneiss à quartzite (*quarzit-gneiss*). Cette roche, ainsi que le granit à quartzite, provient, d'après ce savant, de grès qui ont reçu du quartz, du mica et du feldspath par infiltration. Le quartz grenu est, suivant lui, le reste des grains de quartz qui formaient les grès sédimentaires, tandis que le quartz vitreux a été introduit par infiltration. L'accroissement des cristaux de feldspath par ce même moyen a été la cause du soulèvement des roches. On trouve, outre l'orthoclase, un second feldspath, probablement l'albite ou l'oligoclase. Le mica a été produit par la modification chimique des couches argileuses intercalées dans les grès ou par des particules argileuses provenant de cristaux décomposés; il peut aussi avoir été formé directement. On ne voit que rarement dans ces terrains du gneiss talqueux bien caractérisé et jamais le vrai granit éruptif ou le gneiss fondamental. Les modifications de ces roches se sont faites par voie humide et par l'introduction ou l'enlèvement de leurs éléments constitutifs; on ne peut les expliquer par l'effet seul de la chaleur. Tels sont les principaux résultats des observations de M. Muller, résultats qui, vu leur importance, demandent à être confirmés par de nouvelles expériences.

M. l'ingénieur **Giordano**[16] a publié, sur les environs du mont Cervin, une notice qui jette un jour tout nouveau sur la géologie de cette partie des Alpes. La base du pic du Cervin est formée de schistes verts ou gris, serpentineux ou talqueux, alternant avec des calcaires cristallins schisteux et lustrés, des calcaires compactes, de la dolomie, de la cargneule et des quartzites. Ce groupe de roches, nommé par M. Giordano *formation calcaréo-serpentineuse*, a 3500 à 4000^{m} de puissance.

Digitized by Google

Des coupes prises par cet habile observateur montrent cette formation reposant sur le gneiss ancien du Mont-Rose, occupant la base du Cervin où elle renferme une énorme lentille d'euphotide, et plongeant sous le massif de la Dent Blanche pour reparaître plus au nord, dans les montagnes de la rive gauche du Rhône. Le massif de la Dent Blanche est formé d'un gneiss talqueux de 1500^{m} d'épaisseur qui constitue aussi la partie supérieure du mont Cervin, en sorte que cette roche paraît plus récente que la formation calcaréo-serpentineuse.

Tout en constatant l'extrême difficulté de fixer l'âge de cette dernière formation, M. Giordano la regarde comme intermédiaire entre le terrain carbonifère et les terrains secondaires et semble disposé à la rapporter à la formation triasique dont les roches auraient été modifiées par une action hydrothermale lente. Une coupe très-détaillée de la pyramide même du Cervin accompagne cette notice.

M. l'ingénieur **Gerlach**[13 14] a fait paraître une description des Alpes Pennines, accompagnée de plusieurs coupes et d'une carte géologique au $\frac{1}{200000}$ qui s'étend des environs de Chamonix au lac Majeur et de la vallée du Rhône au Val d'Aoste. La Commission géologique fédérale a aussi publié la feuille XXII de l'Atlas fédéral au $\frac{1}{100000}$ coloriée par le même géologue, et qui comprend une partie de la carte précédente, ainsi que le massif du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges. M. Gerlach a adopté pour son travail les divisions suivantes qui tiennent plus de la nature des roches que de leur âge relatif.

Roches éruptives. Le *granit* du Val Pelline, des vallées de la Sesia et de la Strona perce en plusieurs points les schistes cristallins ; on le trouve en veines,

Digitized by Google

en filons ou en amas plus puissants. Le *porphyre quartzifère* rouge forme une grande masse qui s'étend avec de nombreuses interruptions de Biella au lac de Lugano. Les éruptions de ces roches sont postérieures à la formation des micaschistes, mais antérieures au dépôt du terrain liasique.

Roches gneissiques. Le *gneiss micacé* très-développé dans cette région se divise en deux parties : le gneiss inférieur nommé gneiss d'Antigorio, est une roche homogène sans mélange de micaschistes ni de calcaire. Le gneiss supérieur est cristallin et forme des massifs plus ou moins isolés ; il renferme des masses puissantes de calcaire, de marbre et de dolomie ; on y trouve quelques traces de roches dioritiques ou syénitiques. M. Gerlach mentionne en outre deux masses dioritiques dont la plus méridionale commence à Ivrée et se prolonge au nord du lac Majeur.

Le *gneiss talqueux* est plus récent que le précédent et forme les massifs du Monte-Mari et de la Dent Blanche. Ce dernier renferme des intercalations de roches amphiboliques et quelques couches de serpentine, de gabbro et de calcaire cristallin.

Schistes métamorphiques. On peut y établir plusieurs subdivisions. M. Gerlach nomme schistes métamorphiques anciens :

a) ceux de la partie méridionale du Valais qui sont micacés, chloriteux, talqueux, et dépourvus de calcaire, de serpentine et de roches amphiboliques ; ils deviennent parfois assez cristallins et passent au gneiss. Cette formation est particulièrement abondante en minerais et renferme de la galène argentifère dans le Val d'Anniviers ;

Digitized by Google

b) les micaschistes de Devero avec des couches de marbre et de dolomie subordonnées;

c) les micaschistes d'Orta, semblables aux précédents et percés en plusieurs points par des éruptions de granit et de porphyre quartzifère.

Ces terrains ne sont peut-être pas du même âge; mais ils sont tous trois plus anciens que les formations suivantes et il est difficile de tracer une limite entre eux et les véritables gneiss.

Les schistes métamorphiques supérieurs entourent les massifs de la Dent Blanche et du Mont-Rose. Ils sont chloriteux, parfois talqueux et amphiboliques; ils renferment des bancs calcaires, de la serpentine en nids, en couches ou en grandes masses, et divers minerais.

FORMATIONS SÉDIMENTAIRES. Le *terrain anthracifère* se compose de schistes argileux foncés, de schistes quartzeux, de conglomérats et de couches d'anthracite discontinues. Il renferme des restes de plantes à Erbignon et au col de Balme.

Le *terrain triasique* est formé des mêmes éléments que dans la Savoie et le Dauphiné, c'est-à-dire de quartzite, de schistes bigarrés, de dolomie, de cargneule, de gypse, de calcaires dolomitiques et sableux (calcaire de Pontis) et de schistes lustrés calcaréo-talqueux.

Le *terrain jurassique* fait presque défaut dans la région explorée par M. Gerlach. On trouve cependant entre le val Ferret et la vallée du Rhône des schistes calcaires qu'on peut classer dans le lias et dans le terrain jurassique supérieur, et à Arona sur le versant méridional de la chaîne, un lambeau de lias. Il n'existe de formations plus récentes que les dépôts quaternaires et alluviens.

Tels sont en abrégé les terrains de cette partie des

Digitized by Google

Alpes; ces montagnes où des problèmes stratigraphiques difficiles à résoudre, des bouleversements considérables viennent à chaque instant inspirer à l'observateur des doutes sur l'âge des terrains cristallins ou métamorphiques dans lesquels la paléontologie est pour ainsi dire de nulle ressource, n'avaient jamais encore été explorées d'une manière aussi complète. On remarque toutefois d'assez grandes différences entre les travaux de M. Gerlach et de M. Giordano et de nouvelles recherches seront nécessaires pour fixer d'une manière définitive l'âge des terrains anciens de cette région.

M. **Théobald** [48] a donné la description des environs de Ragatz et de Pfäffers; presque tous les terrains cités dans son ouvrage sur les Grisons se retrouvent dans cette région.

Nous devons au même géologue [49] une notice sur les environs du Kistenpass, qui fait suite à une note publiée en 1868 sur le massif de Brigels *. Il a reconnu en ce point une série nombreuse de formations; ce sont, au-dessus du granit et des schistes cristallins, le verrucano, le calcaire de Röthi (trias), et toute la série jurassique, crétacée et éocène. La partie inférieure de la montagne présente les couches dans leur ordre normal, mais par suite d'un contournement gigantesque, on trouve dans la partie supérieure la même série dans l'ordre inverse jusqu'au verrucano qui occupe toutes les sommités.

Cette belle coupe a été la dernière œuvre de ce savant distingué dont la mort est une grande perte pour la géologie des Alpes. M. Théobald a été un des collaborateurs les plus actifs de la carte géologique de la Suisse,

* *Bericht naturf. Ges. Graubündens*, 1867-1868.

Digitized by Google

et l'important ouvrage qu'il a publié sur les Grisons a mis en pleine lumière une des régions des Alpes où la géologie était à la fois la plus difficile et la moins avancée.

Je ne puis passer sous silence quelques travaux qui ne seront probablement pas sans influence sur la géologie de nos Alpes, bien qu'ils ne soient pas directement relatifs au sol suisse et que leurs résultats n'aient pas encore été généralement admis dans la science ; je veux parler des divers mémoires de M. Suess * sur la présence du *terrain permien* dans les Alpes. Les recherches du savant professeur de Vienne l'ont amené à établir que le terrain du dyas, si développé en dehors des Alpes, existe aussi dans l'intérieur de cette chaîne. Voici les principales conclusions de M. Suess telles qu'il les a formulées dans une de ses notices :

Le verrucano, le quartzite talqueux, et la grande masse de porphyre du Tyrol méridional appartiennent au *Rothliegende*. Lorsque le porphyre et le verrucano manquent dans les Alpes méridionales, ils sont ordinairement remplacés par des calcaires renfermant comme le porphyre des gites de mercure. — Malgré la ressemblance des schistes argileux micacés et des schistes micacés de cette région avec les schistes anciens, ces roches sont plus récentes que les couches anthracifères de la Stangalpe ; à Tergove, elles renferment une flore qui correspond à celle des horizons les plus élevés du terrain houiller. — Les granits de la Cima d'Asta, de Brixen et de Kappel, ainsi que le gneiss tonalite de Kappel, forment des couches au milieu de ces schistes ; ils appar-

* *Ueber die Aequivalente des Rothliegenden in den Südalpen*. Sitzungsb. Akad. Wiss. Wien, 1858, LVII. — *Ueber das Rothliegende im Val Trompia*. Sitzungsb., 1869, LIX.

Digitized by Google

tiennent à la partie supérieure du terrain houiller et même au dyas inférieur (granitite de Kappel). — Ces terrains recouvrent les roches regardées jusqu'ici comme les représentants de la formation houillère; parmi ces dernières le calcaire carbonifère supérieur remplace en certains points tout ou partie des schistes de Casanna.

MM. **Negri** et **Spreafico** [32] ont donné la description géologique des environs de Varese et de Lugano et ont entièrement adopté les idées de M. Suess relativement au terrain permien.

Les terrains sédimentaires les plus anciens observés par ces géologues sont des schistes micacés argileux différents des micaschistes de la chaîne centrale. Au village de Manno (au nord de Lugano), on trouve au milieu de ces schistes un banc de 100^{m} de puissance d'un poudingue quartzeux facile à distinguer du poudingue triasique du Monte S. Salvatore; il est antérieur aux éruptions porphyriques, car il ne contient pas un fragment de cette roche; mais il est essentiellement formé de quartz, de micaschistes, de gneiss et de granit. Il renferme aussi de nombreux restes de plantes que leur mauvaise conservation ne permet pas de déterminer spécifiquement, mais dont les genres sont identiques à ceux de la flore carbonifère (*Sigillaria, Stigmaria,* etc.). Ce poudingue divise les schistes en deux parties dont la supérieure appartient à la formation permienne, et l'inférieure au terrain carbonifère et aux terrains plus anciens.

La *formation porphyrique* a succédé au dépôt des schistes micacés. C'est l'époque des grandes éruptions de porphyre, que les auteurs rapportent à la période permienne, et qui sont généralement recouvertes par le *Servino,* grès tantôt arénacé, tantôt compacte.

Digitized by Google

Au-dessus se trouve la puissante formation de la dolomie triasique (*dolomia media*) à laquelle appartient celle du Monte S. Salvatore. Elle est surmontée de schistes noirs et bitumineux (schistes de Besano), qui forment la partie inférieure de l'étage rhétique; la partie supérieure du même étage, est constituée par des calcaires marneux et dolomitiques riches en fossiles. Puis viennent le calcaire de Saltrio (lias inférieur), le calcareo ammonitico rosso (lias moyen et supérieur), la majolica (terrains jurassique supérieur et néocomien), des calcaires marneux à fucoïdes (craie) et le terrain glaciaire.

Il y a donc eu dans la succession des terrains de cette région de grandes lacunes parmi lesquelles on remarque particulièrement celle de la plus grande partie du trias.

L'*étage rhétique*, étudié dans les environs de Thoune par M. **Fischer-Ooster** [8], est formé d'un calcaire lumachelle riche en fossiles et d'un calcaire sableux passant à un grès grossier qui paraît correspondre au grès infraliasique des géologues français. M. Fischer-Ooster a décrit 122 espèces de fossiles. Cette formation s'observe dans un grand nombre de localités des environs de Thoune, au Langeneckgrat, à la Spiezfluh, etc. Les recherches de ce savant montrent que ce terrain a une étendue plus grande qu'on ne le supposait et lui ont fait découvrir des gisements de fossiles de l'étage rhétique dans des roches regardées comme appartenant au *flysch*. Il a indiqué des faits de cette nature dans la chaîne du Gurnigel; il signale [9] aussi la découverte, faite dans la chaîne du Moléson, de fossiles du lias et du terrain jurassique inférieur dans une roche qu'on avait jusqu'alors classée dans le flysch, et celle de fossiles [10] du lias supérieur et de l'oolite inférieure dans des schistes marneux

Digitized by Google

qui forment une zone s'étendant de l'Hongrin à Jaun le long de la chaîne des Gastlosen et qui avaient été également rapportés au flysch. De ces faits, M. Fischer conclut que ce dernier terrain appartient à une époque bien plus ancienne que l'époque tertiaire.

Continuant ses recherches sur le même sujet dans la région comprise entre Merlingen et Sigriswyl au nord du lac de Thoune, ce savant[14] énonce l'opinion que le *grès de Taviglianaz*, qui est intimement lié au flysch, doit être attribué à une époque bien antérieure à la période éocène et probablement à l'époque triasique.

Il faudrait, semble-t-il, des faits plus positifs pour amener dans la géologie des Alpes un semblable bouleversement. On peut rapporter aux couches rhétiques et à la base de la série jurassique un certain nombre de gisements regardés jusqu'ici comme éocènes, sans cependant généraliser un fait contre lequel une multitude d'observations viennent protester.

M. Oester[33] a publié une description des *Inocérames* des terrains jurassiques des Alpes Suisses. Ce sont les *Inoceramus Falgeri* Mer. et *I. undulatus* Ziet. du lias supérieur, l'*I. fuscus* Quenst. du terrain jurassique inférieur et l'*I. Brunneri* Oost. du calcaire jurassique moyen (*Chatelkalk*).

Les couches à *Zoophycos* ont été étudiées par le même paléontologiste[34] qui classe ces organismes bizarres parmi les algues. On trouve dans les couches rhétiques le *Zoophycos flabelliformis* Fisch.-Oost. avec un *Megalodon*, le *Polycampton alpinum* Oost. et divers restes de plantes; dans les terrains jurassiques le *Z. Scoparius* Thioll. sp., et dans les terrains crétacés le *Z. Brianteus* Mass.

L'*étage tithonique* a déjà été reconnu sur plusieurs

Digitized by Google

points de nos Alpes et de nouvelles recherches montreront probablement qu'il y occupe une étendue considérable. M. **F.-J. Pictet** [37], qui a joué un rôle important dans les débats relatifs à cet étage, a présenté à la Société helvétique des sciences naturelles un rapport sur l'état de cette discussion. M. Zittel * et M. Pictet divisent aujourd'hui l'étage tithonique en deux parties comprises entre la couche à *A. tenuilobatus* et le calcaire néocomien inférieur. M. Zittel rapporte à la division inférieure le klippenkalk de Rogoznik, le calcaire à *Terebratula diphya* du Tyrol, le marbre verdâtre des Apennins, et à la division supérieure, les calcaires coralliens de Stramberg, de Wimmis, du Salève, le calcaire à *Terebratula janitor* de la Porte-de-France, le calcaire à nérinées de Palerme, etc. M. Pictet est disposé à reconnaître que dans l'occident de l'Europe (Provence, Salève, Wimmis), les étages sont à peu près conformes à ce qu'on trouve dans le reste de la France et sont recouverts par les dépôts du néocomien littoral. Les limites de la période jurassique et de la période crétacée y paraissent claires, tandis que dans la région comprise entre les Carpathes et l'Italie, on trouve l'étage tithonique placé sur les confins des deux grandes périodes jurassique et crétacée et présentant les deux subdivisions qui viennent d'être indiquées.

La faune corallienne de la Simmenfluh et de la Burgfluh près de Wimmis, a été décrite par M. **Oester** [33]. Elle est très-riche en gastéropodes, surtout en nérinées *N. Staszycii, Moreana, Bruntrutana, Mandelslohi, Haueri, nodosa, Sequana, Salevensis...*, et contient de nombreux acéphales, parmi lesquels M. Ooster cite le *Cardium coralli-*

* *Geologische Beobachtungen aus den Central-Apenninen.* Benecke's Beiträge, 1869, II, p. 151.

Digitized by Google

num, les *Diceras arietina*, *Munsteri* et *Escheri*, des brachiopodes, *Terebratula Bieskidensis*, *Tichaviensis*, *magadiformis*, *Rhynchonella inconstans*, *Astieriana*, *lacunosa* et des échinodermes.

On a beaucoup discuté sur la position des calcaires qui renferment ces fossiles. En 1857, M. Brunner de Wattenwyl* a indiqué la succession suivante pour les terrains de la Simmenfluh :

Au-dessus de calcaires noirs** (*1*) avec *Ammonites kridion* et *Avicula inæquivalvis* qui appartiennent au lias et qu'on voit au Kapf près de Reutigen, se trouvent des calcaires sans fossiles (*2*) rapportés aux terrains jurassiques inférieur et moyen. Ils sont recouverts d'un calcaire schisteux noir (*3*) abondant en fossiles: *Pholadomya Protei* Defr., *Ceromia excentrica* Ag. sp., *C. obovata* Rœm. sp., *Mytilus subpectinatus* d'Orb., *M. jurensis* Mer., *M. subæquiplicatus* Goldf., *Hinnites inæquistriatus* d'Orb., *Rhynchonella trilobata* Munst..... Toutes ces espèces sont kimméridgiennes, à l'exception de la dernière que d'Orbigny classe dans le terrain oxfordien; c'est la même faune qui se trouve dans les calcaires noirs de Vorgny sur la route d'Aigle aux Ormonts et dans les calcaires foncés du Chablais.

Ce terrain a été rapporté au terrain kimméridgien par M. Studer, M. A. Favre et anciennement par M. Renevier. Ces calcaires schisteux noirs sont recouverts des calcaires (*4*) gris ou blancs, grenus, très-épais, à faune corallienne. Un calcaire schisteux rouge ou verdâtre (*5*) qui ren-

* *Geognostische Beschreibung der Gebirgsmasse des Stockhorns*. Mém. de la Société helvét. des Sciences natur., XV.

** Voyez la coupe ci-jointe qui est la reproduction de la coupe donnée par M. Fischer-Ooster, moins toute la partie théorique.

Digitized by Google

ferme des inocérames et des oursins et que M. Brunner rapporte au calcaire de Seeven (craie), repose sur ces calcaires, et les roches du flysch (*6*) terminent la série.

La plupart des géologues, MM. **Studer, Bachmann**[1], **Hébert**[20], qui ont visité cette localité, admettent cette coupe et regardent la succession des terrains comme parfaitement normale.

M. **Fischer-Ooster**[7] est d'un avis différent et classant les couches rouges (*5*) dans la série jurassique, il les regarde comme plus anciennes que le calcaire corallien qui serait lui-même de formation antérieure au calcaire kimméridgien. Il explique cette anomalie « par un refoule-» ment latéral des couches coralliennes sur les kimmé-» ridgiennes par la même pression latérale qui a fait » surgir la chaîne du Stockhorn. » D'après lui les divers terrains de la Simmenfluh formeraient une grande combe dans laquelle le flysch (*6*), qu'il rapporte au lias, correspondrait aux calcaires à *Ammonites kridion* (*1*) et le calcaire à inocérames (*5*) aux calcaires sans fossiles (*2*).

M. **Renevier**[*41] a distingué les calcaires gris (*4*) en deux parties, la partie inférieure, correspondant au *calcaire de Châtel-S.-Denis*, étant séparée, d'après lui, de la partie supérieure par les couches rouges à inocérames (*5*). Il ne semble pas à M. Renevier que « le terrain corallien » de Wimmis puisse être plus récent que la base du » jurassique supérieur, » et il conclut que « les couches » rouges, le calcaire compacte gris blanchâtre sous-» jacent et avec lui tout le *Chatelkalk*, enfin à plus forte » raison le soi-disant kimméridgien de Wimmis et des » Alpes vaudoises, n'appartiennent point au jurassique

* *Quelques observations géologiques sur les Alpes de la Suisse centrale.* Bulletin de la Société vaudoise, 1868, X, p. 52.

Digitized by Google

» supérieur, mais bien au groupe oxfordien, si même le » calcaire foncé à *Mytilus* n'est pas encore plus ancien. »

La faune des calcaires rouges de la Simmenfluh a été décrite par M. Ooster [33]. Elle renferme suivant ce savant paléontologiste quelques dents d'*Oxyrhina*, l'*Inoceramus Brunneri* Oost., identique d'après lui à l'espèce qui se trouve dans les calcaires du Moléson, de Châtel-Saint-Denis, etc., des acéphales indéterminables, le *Collyrites Friburgensis* Oost. et le *C. capistrata* Desm.

MM. Ooster et Fischer-Ooster classent donc ces calcaires rouges * dans la série jurassique et sont d'accord sur ce point avec M. Renevier. Mais M. Bachmann [1] et M. Gilliéron [15] ont fait à ces savants de sérieuses objections. On sait combien l'étude des inocérames est difficile et quelle doit être la conservation de ces fossiles pour qu'ils puissent être déterminés d'une manière certaine. Quant aux oursins, ceux qui sont figurés par M. Ooster sont malheureusement à peu près indéterminables, et comme l'a dit M. Gilliéron, ils pourraient aussi bien appartenir au genre exclusivement crétacé des *Micraster*. De plus les couches de la Simmenfluh abondent en foraminifères de l'époque du calcaire de Seewen, *Lagena orbicularis* Kaufm., *L. ovalis* Kaufm., etc. Il faut donc distinguer les calcaires rouges de la Simmenfluh qui sont riches en foraminifères et pauvres en autres fossiles, de certaines parties du calcaire de Châtel qui sont aussi rouges; celles-ci ne renferment pas de foraminifères, mais elles sont riches en fossiles et ordinairement concrétionnées. Les calcaires de la Simmenfluh se prolongent

* M. B. Studer a fait, il y a déjà longtemps, des observations sur la nature de ces terrains. *Annales des Sc. natur.*, 1827. — *Geologie der Westlichen Schweizer-Alpen*, 1834.

Digitized by Google

avec les mêmes caractères dans les Alpes de Fribourg où on les voit au-dessus des calcaires néocomiens, tandis que les calcaires de Châtel sont inférieurs à ces derniers.

Suivant M. Bachmann, M. Renevier aurait commis une confusion semblable dans les Alpes de Schwytz et, trompé par le caractère minéralogique des roches, il aurait pris pour du calcaire de Châtel des calcaires rouges superposés au gault et qui contiennent des inocérames et des foraminifères.

Il résulte de l'examen microscopique fait par M. **Th. Studer** [47] sur un certain nombre de roches des Alpes que les foraminifères du calcaire de Seewen décrits par M. Kaufmann sont très-constants dans ce terrain. Ils y sont représentés par des genres purement crétacés qui ne se trouvent jamais dans des roches évidemment jurassiques. La présence de ces fossiles est donc un excellent guide pour distinguer ces deux terrains qui ont entre eux une grande ressemblance pétrographique.

Dans la note déjà citée, publiée en 1868 par M. Renevier, ce savant dit avoir reconnu, sur la route d'Yberg à Schwytz, des cargneules et des gypses appartenant au terrain triasique, et des schistes et des grès qu'il rapporte au terrain jurassique inférieur, tandis que ces couches sont indiquées comme terrain éocène sur la carte géologique de la Suisse. Cette opinion, qui ne repose que sur l'analogie pétrographique, a été réfutée par M. **Bachmann**; il a montré que ces schistes et ces grès, qui reposent sur le calcaire de Seewen, appartiennent au flysch dont ils renferment non loin de là des fossiles caractéristiques. Quant à la cargneule et au gypse, leur position stratigraphique prouve évidemment qu'ils appartiennent à la série éocène. Ce fait a été établi il y a plusieurs

Digitized by Google

années par M. Escher et M. Bachmann *, et j'ai pu m'en assurer moi-même **.

M. **Bachmann**, répondant à quelques objections de M. Renevier sur la nature de certaines couches du Simmenthal, a montré que celles-ci reposent sur les couches de la craie et renferment en plusieurs points des fucoïdes caractéristiques du flysch et des organismes indéterminables, qui n'ont encore été rencontrés que dans cette formation. On ne peut donc conserver aucun doute sur leur âge. M. Fischer-Ooster [7] avait aussi contesté la nature de ces couches et exprimé l'opinion qu'elles appartiennent, ainsi que celles de la chaîne du Niesen, à l'époque liasique et non à l'époque éocène.

M. **Escher de la Linth** [8] a présenté à la Société helvétique une coupe des terrains crétacé et éocène, prise entre le Pragelpas et Yberg dans le canton de Schwytz. Il a recueilli au Drusberg l'*Holaster Lardyi* (des marnes bleues de Neuchâtel) associé aux *Toxaster Brunneri*, *Botriopygus cylindricus* et *Pygaulus Desmoulinsi* (de l'urgonien). Il remarque que le *Toxaster Brunneri* qui caractérise le néocomien supérieur au Drusberg, au Sentis et dans les Kurfursten, se trouve associé au *Pygaulus Desmoulinsi* et à l'*Ostrea Couloni* au milieu des calcaires urgoniens à la Guggernfluh près d'Yberg.

M. **Fischer-Ooster** [9] a pris, au Kublisbad (au nord de l'extrémité orientale du lac de Thoune), une coupe dans laquelle on voit se succéder les terrains suivants : terrain urgonien avec caprotines et nérinées, gault peu puissant et calcaire de Seewen avec *Ananchytes ovata* Lam.

* *Jahresber. des Schweiz. Alp-Vereins*, 1865.

** *Archives des Sc. phys. et natur.* Genève, 1865, tome XXII.

Digitized by Google

M. **K. Mayer**[25] a présenté une section du *terrain nummulitique* prise sur la rive droite de la Siehl dans les environs d'Einsiedeln. Il a receuilli dans ce terrain, formé d'une alternance de marnes et de calcaires, une faune très-riche (77 espèces) et particulièrement abondante en gastéropodes; cet horizon paraît correspondre à la couche à *Cerithium giganteum.*

Le même paléontologiste[26] a continué le catalogue descriptif des Mollusques tertiaires du Musée fédéral de Zurich et il a étudié en 1868 la famille des *Arcacides.*

II. Le Jura et la plaine.

La chaîne du Jura a été cette année l'objet d'un travail important exécuté avec talent par M. **A. Jaccard**[21] et publié par la Commission de la carte géologique. Cet ouvrage, qui donne la description du Jura vaudois et neuchâtelois, est accompagné de nombreuses coupes et des feuilles XI et XVI de l'Atlas fédéral; il traite successivement de deux régions bien distinctes: la plaine Suisse et le Jura proprement dit. La contrée située au sud du lac de Genève a été coloriée géologiquement par M. A. Favre. M. Jaccard passe en revue les terrains quaternaires, tertiaires, crétacés et jurassiques jusqu'au terrain lédonien (oolite inférieure), le dernier qui soit visible dans ces montagnes ; l'étude de ces diverses formations est faite d'une manière très-complète et appuyée de nombreuses listes de fossiles. L'auteur s'occupe ensuite du parallélisme des terrains qu'il a étudiés avec ceux des autres parties du Jura, puis il traite de l'orographie de cette chaîne et de la technologie.

M. **P. Merian**[28] a décrit des fossiles recueillis à Ste-Véréne près de Soleure. Sur 15 espèces, 14 appartien-

Digitized by Google

nent à l'étage dicératien; la *Lima suprajurensis*, Contej. seule caractérise un horizon plus élevé.

MM. **Pictet** et **Campiche**[23] ont continué la description des fossiles du terrain crétacé des environs de Ste-Croix. Je n'insisterai pas sur ce travail qui est généralement connu et indispensable à l'étude des terrains crétacés. Il en a paru cette année trois livraisons dans lesquelles le savant paléontologiste de Genève a terminé l'étude de la famille des Rudistes, décrit celle des Malléacés et commencé l'examen des celle des Limides.

MM. de **Loriol** et **Gilliéron**[24] ont publié une monographie de l'étage urgonien inférieur du Landeron (canton de Neuchâtel), représenté dans cette région par la roche nommée pierre de Neuchâtel; il repose sur les marnes d'Hauterive et on peut constater un passage entre les faunes de ces deux étages. L'étude stratigraphique est due à M. Gilliéron. L'étude paléontologique, faite par M. de Loriol, a prouvé que « la faune des cou-« ches à spongitaires du Landeron doit être envisagée « comme représentant une faune de transition entre la « faune de l'étage néocomien suisse à faciès jurassique « et celle de l'étage urgonien inférieur. » M. de Loriol a décrit 89 espèces fossiles, poissons, mollusques, échinodermes, polypiers et spongitaires. Les mollusques lamellibranches, les échinodermes et les spongitaires sont très-abondants et le nombre des espèces de ce dernier groupe donne même à ce terrain un faciès particulier. L'étage urgonien inférieur des géologues suisses est synchronique de l'étage néocomien proprement dit du bassin de Paris; leurs couches déposées dans une même mer ont dû à des circonstances locales un certain nombre de modifications.

Digitized by Google

Les recherches de M. **Knab** [38] semblent avoir résolu la question de la formation de l'*asphalte* urgonienne du Val de Travers. Après avoir démontré qu'elle ne peut provenir uniquement de plantes terrestres ni de plantes marines, et qu'elle ne peut avoir une origine purement minérale, ce savant conclut de la présence de l'ammoniaque dans cette asphalte que la formation en est due à des matières organiques animales provenant de la décomposition de certains mollusques, et peut-être des caprotines. Les observations faites par M. de Saussure * sur les côtes de Cuba et par M. Fraas ** sur les bords de la Mer Rouge confirment cette manière de voir.

MM. **Pictet** et **Humbert** [39] ont publié un travail sur les animaux vertébrés du *terrain sidérolithique* trouvés au Mauremont. C'est un supplément au mémoire de MM. Pictet, Gaudin et Delaharpe (1855-1857). Grâce à ce nouveau travail, l'étude de ce gisement est aujourd'hui heureusement complétée. Les auteurs signalent la présence du *Paleotherium magnum* qui n'avait pas encore été indiqué dans ce dépôt, celle des genres *Anchilopus, Lophiotherium* et *Chaeromorus,* deux espèces de *Camotherium* et « une série intéressante de dents de *Lophiodon* qu'on « pourrait s'étonner de trouver dans une faune contem- « poraine de celle des gypses de Paris, si M. Rutimeyer « n'avait pas déjà signalé l'existence d'un fait semblable « dans le canton de Soleure. »

Deux coupes du bassin d'Yverdon (Vaud), faites par M. **Renevier** [40], donnent en ce point la série des terrains jurassique supérieur, néocomien, éocène (sidérolithique) et miocène, recouverts par les dépôts quaternaires.

* *Actes de la Société helvét. des Sc. natur.*, 1868, p. 68.
** *Idem*, p. 69.

Digitized by Google

M. **P. Merian**[27] a décrit des fossiles tertiaires découverts dans un nouveau gisement à Therwyler près de Bâle. Ces fossiles (*Cerithium plicatum* Brug., *C. arcuatum* Sandb., *Bullina exerta* Desh., etc.) appartiennent à la subdivision des calcaires à cérithes et des marnes à cyrènes établies par M. Sandberger dans le bassin de Mayence.

M. **P. Vionnet**[51] a mentionné quelques affleurements nouveaux de la *mollasse* d'eau douce inférieure dans les vallées de l'Aubonne, du Boiron, etc. (canton de Vaud).

SCIENCE PRÉHISTORIQUE [52]. — M. **Thioly**[50] a donné la description des objets trouvés dans la *station de Veyrier* au pied du Salève. C'est là qu'on a constaté pour la première fois au pied des Alpes l'association de l'homme et du renne. Une découverte analogue a été faite à Schussenried en Wurtemberg ; mais cette station paraît se rattacher à celles du nord de l'Europe et particulièrement de la Belgique, tandis que celle de Veyrier se lie étroitement à celles du Périgord. « Elle serait donc « jusqu'à présent, dit M. Vogt, l'avant-poste le plus avancé « vers le nord-est de cette race artistique qui peuplait le « midi de la France à l'époque du renne. »

Une préface de M. **Vogt** précède cette étude. Contrairement à l'opinion de M. Rutimeyer qui conclut, quoique avec doute, à la domestication du cheval, du bœuf et du renne à cette époque reculée, M. Vogt, d'accord avec M. de Mortillet, regarde cette association d'animaux domestiques comme très-invraisemblable. Les hommes de Veyrier étaient, d'après lui, essentiellement chasseurs.

La *station lacustre* des Eaux-Vives près de Genève a été fouillée par M. **Thioly**[50]. Elle avait environ 120^{m} de longueur sur 50^{m} de largeur. M. Thioly y a recueilli des

Digitized by Google

objets de bois de cerf, des silex taillés, des tessons de poteries grossières, des marteaux de pierre et de nombreuses haches en pierre polie dont l'une offre le type de la hache des dolmens.

III. Ouvrages généraux.

M. **B. Studer**[44] a publié des « Explications à la seconde édition de la carte géologique de la Suisse. » Je n'analyserai pas cette intéressante brochure dans laquelle le savant professeur donne un résumé de la géologie de la Suisse et complète sur plusieurs points les renseignements qui nous sont fournis par la carte. A l'exception de quelques changements, ce travail est la traduction de celui qui a été publié en 1868 dans le Bulletin de la Société géologique de France.

Il a paru cette année plusieurs livraisons d'un ouvrage d'une haute importance. Je veux parler de l'*Echinologie helvétique* de MM. **Desor** et **de Loriol**[5]. Le soin extrême avec lequel cette publication est exécutée, la beauté et l'abondance des planches, en font un travail fondamental pour la paléontologie de la Suisse. Cet ouvrage, commencé en 1868, est divisé en trois parties, qui comprennent les échinides des formations jurassique, crétacée et tertiaire. L'étude des Cidaridées jurassiques (*Cidaris, Rabdocidaris, Polycidaris, Diplocidaris*) est aujourd'hui terminée, et, dans la famille des Diadématidées, les genres *Pseudocidaris, Hemicidaris, Acrocidaris Pseudodiadema* des terrains jurassiques sont déjà publiés.

Terrain quaternaire. — MM. **A. Favre** et **L. Soret**[6] ont présenté à la Société helvétique des Sciences naturelles leur rapport annuel sur l'étude et la conservation des *blocs erratiques ;* il montre l'intérêt général ex-

Digitized by Google

cité en Suisse par l'étude du terrain glaciaire. Dans un grand nombre de cantons, des commissions se sont organisées et travaillent activement; sur plusieurs points même, les autorités locales ont prêté leur concours à cette œuvre dont le but final est la carte du terrain glaciaire de la Suisse et la conservation d'un certain nombre de blocs erratiques.

Nulle part ce travail n'a fait de progrès plus rapides que dans l'*Argovie*, grâce à M. le professeur **Muhlberg**[50] qui a publié un mémoire détaillé sur le terrain glaciaire de ce canton. La position même de l'Argovie, envahie par tous les grands glaciers du versant nord des Alpes suisses, ceux du Rhône, de l'Aar, de la Reuss, de la Limmat et du Rhin, a donné à cette étude un grand intérêt. La puissance des dépôts qu'ils y ont laissés, et l'abondance des moraines ont permis à M. Muhlberg de tracer leurs limites à l'époque de leur grande extension; il a constaté en particulier que les glaciers du Rhône et du Rhin se réunissaient dans la partie septentrionale du canton.

M. l'ingénieur **Lochmann**[25] a fait un rapport sur la marche des travaux relatifs au terrain glaciaire dans le canton de Vaud pendant l'année 1868, et a joint à ce travail des figures de plusieurs blocs erratiques.

M. **A. Muller**[51] a signalé des blocs erratiques d'origine alpine sur le plateau bâlois. Les anciens glaciers des Alpes semblent s'être étendus à l'ouest par-dessus le Jura jusqu'au Rhin et peut-être au delà, de même qu'ils ont franchi à l'est le lac de Constance. Ils ont rencontré aux environs de Bâle ceux de la Forêt-Noire. Les grands dépôts de cailloux roulés qu'on observe au sortir des vallées de la Birs et de l'Ergoltz sur le diluvium alpin, se rattachent probablement au phénomène du retrait des glaciers.

Digitized by Google

Nous devons à M. le pasteur **Rytz** [45] une intéressante notice sur les formations erratiques de la vallée de la Kander, et à M. **Bachmann** [2] des détails sur les formations quaternaires de la partie inférieure de cette vallée.

Dans une courte notice M. **B. Studer** [45] a rappelé la part que *J. Forbes* a prise à l'étude des glaciers. Le savant anglais a établi le premier qu'ils avancent comme des courants de liquide visqueux.

MM. **Ch. Grad** et **A. Dupré** [19] se sont livrés à des observations sur la constitution et le mouvement des glaciers de Grindelwald et d'Aletsch. Ils ont fait une série d'expériences sur la constitution de la glace glaciaire, expériences qui relèvent de la physique plus que de la géologie. Leurs observations sur le mouvement et l'ablation des glaciers confirment en tous points les résultats obtenus par MM. Agassiz, Martins, Dollfuss-Ausset, etc.

M. Grad [17 18] donne quelques chiffres relatifs à la marche des glaciers. D'après ce savant, celui de Grindelwald aurait atteint son plus grand développement en 1600 et 1602; en 1750 il aurait repris ses plus faibles limites connues. Une magnifique moraine frontale indique la limite extrême du glacier en 1601, à 657^{m} de son pied au mois de janvier 1869, et à 63^{m} de la moraine frontale de 1855, époque depuis laquelle le glacier recule constamment. Le même savant réfute la tradition qu'un enfant aurait été amené en 1576 par le col de Viesch du Valais à Grindelwald pour y être baptisé.

Orographie. — M. **B. Studer** [46] a publié une orographie des Alpes suisses, dans laquelle il a divisé cette chaîne en un certain nombre de massifs. L'idée qui a guidé l'illustre géologue bernois est celle du rapport in-

Digitized by Google

time qui existe entre la configuration des montagnes et leur nature géologique. Tel groupe de montagnes, découpé par de profondes vallées, ne formera, aux yeux du géologue, dit M. Studer, qu'un seul massif, tandis qu'il pourra regarder comme étrangères à ce groupe certaines parties qui n'en sont séparées que par des vallons.

M. **Rutimeyer** [12] a publié un mémoire important sur la formation des lacs et des vallées. Il divise cette étude plus orographique que géologique de la manière suivante:

1° Vallées tracées dans les roches non disloquées (la plupart de celles qui sont creusées dans la mollasse ou le nagelfluh).

2° Vallées creusées dans les roches disloquées : *a*) vallées transversales (particulièrement celles des Alpes); *b*) vallées longitudinales (surtout celles du Jura).

Il examine ensuite la formation des lacs.

Le savant bâlois n'admet pas que la glace ait joué un rôle dans la formation des vallées et des lacs comme l'ont supposé MM. Ramsay, Tyndall, etc., mais il regarde l'eau comme l'agent principal de leur formation.

M. **A. Favre** [5] a retracé dans quelques pages les principaux traits du rôle scientifique de *H.-B. de Saussure* et publié plusieurs pièces inédites de cet illustre géologue. La manière dont il appliqua la méthode d'observation à la géologie, le genre de recherches tout nouveau qu'il poursuivit dans les Alpes avec tant de persévérance et de perspicacité, sont les plus grands titres de gloire de ce savant naturaliste.

Digitized by Google

NOTES.

1. J. **Bachmann.** Quelques remarques sur une note de M. Renevier intitulée : Quelques observations géologiques sur les Alpes de la Suisse centrale. Mittheil. Bern, p. 161.
2. — Ueber die jungen oder quartären Bildungen im untern Kandergebiete, Mittheil. Bern, p. XXXII.
3. C. **Desor** et P. **de Loriol.** Échinologie helvétique : Description des oursins fossiles de la Suisse (suite).
4. A. **Escher de la Linth.** Actes Soc. helv., 1868, p. 61.
5. A. **Favre.** H.-B de Saussure et les Alpes. Bibl. Univ., XXXVI.
6. A. **Favre** et L. **Soret.** Troisième rapport sur l'étude et la conservation des blocs erratiques en Suisse. Actes Soc helv., 1869.
7. C. **von Fischer-Ooster.** Geognostische Beschreibung der Umgebung von Wimmis (Berner Oberland). Prot. helv., I, p 5.
8. — Die rhætische Stufe der Umgegend von Thun. Mittheil. Bern, p 32
9. — Ueber das Vorkommen einer Liaszone zwischen der Kette des Moleson und dem Niremont im Kanton Freiburg. Mittheil. Bern, p. 184.
10. — Ueber die schmale Flyschzone vom Hongrin längs den Gastlosen gegen Jaun hin. Mittheil. Bern, p. 187.
11. — Ueber das geologische Alter des sogenannten Tavigliana-Sandsteines. Mittheil. Bern, p. 189.
12. — Ueber stratigraphische Verhältnisse beim Küblisbad an der Nordseite des südlichen Endes des Thunersees Mittheil. Bern, p. 196.
13. **Gerlach.** Die Pennischen Alpen. Beiträge zur Geologie der Schweiz. Mém. de la Société helv. des Sciences natur., XXIII.
14. — Feuille XXII de l'Atlas fédéral, coloriée géologiquement.
15. **Gilliéron.** Lettre au prof. B. Studer. Mittheil. Bern, p. 174.
16. F. **Giordano.** Ascensione del Monte Cervino, nel settembre 1868. Atti della Soc. Ital. di Sc. natur., 1869, XI, p. 671. — Notice sur la constitution géologique du mont Cervin. Archives des Sciences phys. et natur., XXXV, p. 255.
17. Ch. **Grad.** Observations sur la vallée de Grindelwald et ses glaciers (août 1868). Bull. de la Soc. de géogr. Paris, 1869, p. 5.
18. — Observations sur les glaciers du Grindelwald. Bull. de la Soc. des Sciences natur. de Strasbourg, II, p. 75, 81.
19. Ch. **Grad** et A. **Dupré.** Observations sur la constitution et le mouvement des glaciers. Comptes rendus de l'Acad. des Sc., LXIX, p. 955.

Digitized by Google

20 E. **Hébert.** Sur les calcaires de Wimmis. Bulletin de la Société vaud., X, p. 292

21. **Jaccard.** Jura vaudois et neuchâtelois Matériaux pour la carte géologique de la Suisse, 6me livraison avec les feuilles XI et XVI de l'Atlas fédéral, coloriées géologiquement.

22. A. **Knab.** Théorie de la formation de l'asphalte au Val-de-Travers et de la production des bitumes volatiles en général Bull. de la Soc. natur. de Neuchâtel, VIII, p. 226.

23. **Lochmann.** Rapport sur les blocs erratiques. Bull. de la Soc. vaud., X, p. 185.

24. P. **de Loriol** et **Gilliéron.** Monographie paléontologique et stratigraphique de l'étage urgonien inférieur du Landeron (Neuchâtel). Mém. de la Soc. helv. des Sc. natur., XXIII.

25. K. **Mayer.** Coupe du terrain nummulitique des environs d'Einsiedeln. Actes de la Soc. helv., 1868, p. 68.

26. — Catalogue systématique et descriptif des mollusques tertiaires du Musée fédéral de Zurich (suite). Verh. naturf. Ges. Zurich, XI, p. 21, 163.

27. P. **Merian.** Ueber einige tertiär-Versteinerungen von Therwyler bei Basel. Verhandl. Basel, V, p. 252.

28. — Die Versteinerungen von St Verena bei Solothurn Verhandl. Basel, V, p. 255.

29. F. **Mühlberg.** Ueber die erratischen Bildungen in Aargau und in den benachbarten Theilen der angrenzenden Kantone. Festschrift naturf. Ges. Aargau, 1869.

30. A. **Muller.** Ueber die Umgebungen des Crispalt. Verhandl. Basel. V, p. 194.

31. — Ueber einige erratische Blöcke im Kanton Basel. Verhandl. Basel, V, p. 247.

32. G. **Negri** et E. **Spreafico.** Saggio sulla geologia dei dintorni di Varese e di Lugano Memor. del. R. Istit. Lomb., XI.

33. **Ooster.** Die fossile Fauna des rothen Kalkes bei Wimmis. Protozoe helvetica, I, p. 1.

34. — Die organischen Reste der Zoophycos-Schichten der Schweizer-Alpen. Protozoe helvetica, I, p. 15.

35. — Beitrag zur Kenntniss der jurassischen Inoceramen der Schweizer-Alpen. Protozoe helvetica, I, p. 36.

36. — Le corallien de Wimmis. Pétrifications remarquables des Alpes suisses.

37. F.-J. **Pictet.** Rapport fait à la session de 1869 de la Société helvétique des Sciences naturelles sur l'état de la question relative aux limites de la période jurassique et de la période crétacée. Arch. des Sc. phys. et nat. Genève, XXXVI, p. 224.

Digitized by Google

38. F.-J. **Pictet** et **Campiche.** Description des fossiles du terrain crétacé de Ste-Croix. Matér. pour la Paléontol. suisse, 5me sér.
39. F.-J. **Pictet** et A. **Humbert.** Mémoire sur les animaux vertébrés du terrain sidérolithique du canton de Vaud. Matér. pour la Paléont. suisse, 5me série, 4me et 5me livr.
40. **Renevier.** Coupes géologiques des deux flancs du bassin d'Yverdon. Bulletin de la Soc. vaud., X, p. 265.
41 — Réponse aux observations de M. Hébert sur les calcaires de Wimmis. Bulletin de la Soc. vaud., X, p. 295.
42. **Rutimeyer.** Ueber Thal-und See-Bildung. Beiträge zum Verständniss der Oberfläche der Schweiz.
43. **Rytz.** Beitrag zur Kenntniss der erratischen Bildungen im Kanderthal. Mittheil. Bern, p. 197.
44. B. **Studer.** Erläuterungen zur zweiten Auflage der geologischen Karte der Schweiz von B. Studer und A. Escher von der Linth.
45. — Ueber das Verdienst von J. Forbes um die Physik der Gletscher. Mittheil. Bern, p. XI.
46. — Orographie der Schweizer-Alpen. Jahrb. des Schweiz Alp.-Club, 1869, p. 473. Ann. du Club alpin suisse, 1869, p. 449.
47. Th. **Studer.** Ueber Foraminiferen aus der Alpinen-Kreide. Mittheil. Bern, p. 177.
48. **Theobald.** Geologische Beschreibung der Gegend von Ragaz und Pfäfers.
49. — Der Kistenpass und seine Umgebung. Naturf. Ges. Graubünd.
50. F. **Thioly.** Documents sur les époques du renne et de la pierre polie dans les environs de Genève : *a*. Description d'objets de l'industrie humaine trouvés à Veyrier, près de Genève, et appartenant à l'époque du renne, avec une introduction de M. C. Vogt. *b*. Description d'objets de l'époque de la pierre trouvés sur l'emplacement lacustre des Eaux-Vives. Bulletin de l'Institut genevois, XV.
51. P. **Vionnet.** Notes sur quelques affleurements de la mollasse d'eau douce inférieure dans les vallées de l'Aubonne, du Boiron, etc. Bulletin de la Société vaud., X, p. 329.
52. Voyez aussi sur ce sujet l'indicateur des antiquités suisses, « Anzeiger für Schweizerische Alterthumskunde. » Zurich.

Digitized by Google

NOTE

SUR LES

CLADOCÈRES DES GRANDS LACS DE LA SUISSE

PAR

M. P.-E. MÜLLER.

Les études sur les Cladocères (Latr.), faites dans ces dix dernières années en Scandinavie, ont montré dans les différentes parties des eaux douces une distribution des espèces analogue à celle des Crustacés marins dans les diverses régions de la mer. Ainsi l'on peut parler d'une faune littorale et d'une faune pour ainsi dire pélagique des lacs; en même temps, la faune des Cladocères des petits étangs a de son côté un caractère plus ou moins spécial et différent de celui de la faune des grands bassins.

Un savant Suédois, M. Lilljeborg est le premier qui ait trouvé des Cladocères appartenant exclusivement à la faune du milieu des lacs; il a décrit en 1860[1] les deux intéressants genres *Bythotrephes* et *Leptodora*, dont il avait trouvé des représentants dans les grands bassins d'eau douce de la Suède. Le nombre des Cladocères appartenant à cette faune spéciale a été considérablement augmenté par les excellentes recherches de M. O.-G.

[1] Lilljeborg, W., Beskrifning öfver tvenne märkliga Crustaceer af ordningen Cladocera [Oefversigt af Kgl. Vetensk. Akademiens Förhandlingar], 1860.

Digitized by Google

Sars[1] en Norwége, et j'ai eu l'occasion[2] de montrer, que les lacs du Danemark sont peuplés comme ceux des autres pays Scandinaves sous le rapport des Cladocères.

Dans les autres parties de l'Europe la faune des grands lacs est très-peu connue; en parcourant les ouvrages qui traitent de ces animaux, on trouvera, qu'en Russie (Fischer), en Angleterre (Baird), en France (Straus) et en Suisse (Jurine) ce sont seulement les Cladocères des petits étangs qui ont été étudiés, et que l'on ignore l'existence des belles formes des grands lacs. En Allemagne il en était de même jusqu'à ces dernières années. Mais en 1866 M. Schödler[3] publia la découverte de quelques Daphnides appartenant à cette catégorie trouvées dans le « frische Haff » au bord de la mer Baltique, et l'on connaît déjà depuis une dizaine d'années, par un beau mémoire de M. Zaddach[4], l'étrange *Holopedium gibberum*, qui doit occuper une place dans la même série de Crustacés; il a été trouvé dans les environs de Dantzig. Hors des pays qui entourent la Baltique, les Cladocères du milieu des lacs sont inconnus. Cependant il y a un Polyphémide trouvé dans le lac de Constance et décrit par M. Ley-

[1] Sars, O.-G., Om Crustacea Cladocera iagttagne i Omegnen af Christiania (Forhandlinger i Videnskabsselskabet i Christiania, 1861), 1862. — Id., Om en i Sommeren 1862 foretagen zoologisk Reise i Christianias og Trondhjems Stifter, Christiania, 1863. — Id., Norges Ferskvandskrebsdyr; forste Afsnit, Branchiopoda, I, Cladocera Ctenopoda. Christiania, 1865.

[2] Müller, P.-E., Danmarks Cladocera [Schiödte, Naturhistorisk Tidsskrift, III R., V Bd], 1867.

[3] Schödler, J.-E., Cladoceren des frischen Haffs [Wiegmann's Archiv für Naturgeschichte, 32. Jahrg. I Bd.], 1866.

[4] Zaddach, E.-G., *Holopedium gibberum* [Wiegmann's Archiv für Naturgeschichte, 23 Jahrg I Bd.], 1855

Digitized by Google

dig[1], le *Bythotrephes longimanus*, qui a trop d'analogie avec les formes dont il est question, pour qu'on ne soit pas tenté de le mettre dans leurs rangs ; mais l'excellent naturaliste à qui on doit la découverte de cet animal, ne l'ayant trouvé que dans l'estomac du *Corregonus Wartmanni*, poisson qui vit dans les grandes profondeurs des lacs, a dû conclure qu'il habite les mêmes régions que ce Salmone ; il ne pourrait, par conséquent, être compté parmi les autres Cladocères du milieu des lacs qui vivent toujours immédiatement au-dessous de la surface de l'eau.

Les Cladocères qui habitent les bords et le fond des lacs[2] sont pour la plupart les mêmes que ceux qui peuplent les petits étangs ; mais on en trouve pourtant quelques-uns qui semblent attachés principalement à ces grandes nappes d'eau ; la forme la plus caractéristique de ceux-là est l'intéressante *Latona setifera*, découverte, il y a une centaine d'années par O.-F. Müller dans un lac du Danemark[3], oubliée pendant près d'un siècle, et récemment retrouvée dans les trois pays de la Scandinavie. On ne la connaît pas dans les autres parties de l'Europe.

Tel est l'état actuel de nos connaissances relatives à la faune des Cladocères des grands bassins d'eau douce de l'Europe.

Pendant un séjour de deux mois (août et novembre 1868) en Suisse, je me trouvai amené à fixer mon attention sur cette partie de la faune, d'autant plus que ce pays est un sol classique pour l'étude des Cladocères,

[1] Leydig, Dr Fr., Naturgeschichte der Daphniden. Tübingue, 1860.

[2] Il paraît qu'un très-petit nombre de Cladocères seulement descendent jusqu'à une profondeur un peu considérable. En Danemark, je n'ai trouvé qu'une *Alona* (*A sanguinea*), et en Norwége M. O.-G. Sars a pêché la *Latona setifera* dans ces régions.

[3] Müller, O.-F., Entomostraca. Hafniæ, 1785.

Digitized by Google

car il a été le théâtre des recherches du vénérable Jurine [1]. Comme ses contemporains, il étudia de préférence les « Monocles » des petits étangs ; ceux des grands lacs lui restèrent inconnus. Voilà pourquoi j'ose croire qu'une Note sur ces derniers peut offrir quelque intérêt. Je me bornerai à mentionner les traits généraux de cette partie de la faune, parce qu'un voyageur ne peut faire des collections assez nombreuses pour fixer les limites entre les espèces et les variétés dans ces formes qui changent beaucoup d'aspect selon les localités. C'est aussi la raison qui m'a empêché d'établir de nouvelles espèces pour quelques animaux qui sans doute sont inconnus, mais qui n'offrent que très-peu de nouveau. — Quant à la classification et à la description des espèces indiquées, on les trouvera dans mon mémoire sur les Cladocères du Danemark.

I. CLADOCÈRES DU MILIEU DES LACS.

L'on peut considérer la série des Cladocères qui habitent cette partie des eaux douces, comme constituant une faune spéciale, car on trouve parmi eux des représentants de la plupart des groupes les plus importants de ces animaux, et ils ont un cachet caractéristique et commun entre eux qui les rend faciles à reconnaître. Ces caractères sont précisément les mêmes que ceux qui distinguent les Crustacés vraiment pélagiques, à savoir : une grande transparence et un tendance à former des organes balanciers qui rappellent surtout l'aspect des étranges larves nageantes des Décapodes brachyures. Ces modifi-

[1] Jurine, L., Histoire des Monocles qui se trouvent aux environs de Genève. Genève, 1820.

Digitized by Google

cations de l'organisation que j'appelle des organes balanciers sont développées d'une manière distincte et propre à chaque groupe ou au moins à chaque genre de Cladocères. Ainsi certaines Sidines, quand elles gardent leur forme plus ou moins cylindrique, sont munies sur la tête d'une grande dilatation conique propre à favoriser l'équilibre du corps (*Limosida*), et quand leur taille devient comprimée, elles se trouvent renfermées dans une énorme enveloppe gélatineuse qui prête à leurs mouvements une sûreté et un équilibre favorables à la locomotion dans le milieu où elles vivent (*Holopedium*). Les *Daphnia* du milieu des lacs ont toutes une forme très-comprimée et leurs balanciers sont placés dans l'axe longitudinal du corps; ce sont des prolongements antérieurs de la tête, en forme de lame de couteau, et une épine extrêmement allongée de la partie postérieure de la carapace. Les *Bosmina* au contraire, dont l'organisation ne permet pas un prolongement dans ce sens, reçoivent avec une taille comprimée, une dilatation située dans l'axe transversal du corps; leur dos s'élève par une bosse plus ou moins grande, et leurs antennes, qui sont immobiles chez les femelles, descendent perpendiculairement et atteignent quelquefois une longueur très-considérable. Quant aux Polyphémines, elles portent une épine énorme, qui partant de la queue dépasse trois ou quatre fois la longueur de l'animal (*Bythotrephes*), ou bien leur corps est très-court et garni d'une gigantesque bosse dorsale comme chez les *Bosmina* (*Evadne*). Enfin, chez les *Leptodora* c'est l'abdomen lui-même qui, se trouvant allongé, représente le balancier des autres Cladocères.

La faune du milieu des lacs Suisses a des représentants

Digitized by Google

parmi les deux grandes séries de Cladocères, les Cladocères phytophages qui forment la famille des *Daphnidæ* et les Cladocères rapaces, qui constituent la famille des *Polyphemidæ*.

Fam. I. DAPHNIDÆ.

Tous les genres de Daphnides sont loin de posséder une organisation capable de s'accommoder du milieu pélagique, mais presque tous les grands groupes de cette nombreuse famille ont pourtant leurs représentants parmi les animaux de cette faune. Ces groupes sont la sous-famille des *Sidinæ* et les deux séries de genres que renferme la sous-famille des *Daphninæ* et qui quelquefois ont été considérées comme deux familles distinctes ; seulement parmi les *Lynceinæ* on ne trouve aucun animal pélagique. La famille des Daphnidæ est représentée dans les lacs de la Suisse par les espèces suivantes :

Daphnella brachyura (Liévin).

Sida brachyura, Liévin, Branchiopoden der Danziger Gegend (Neue Schriften der naturforschenden Gesellschaft in Danzig, IV Band), p. 20, Tab. IV, fig. 3-4.

Daphnella Wingii, Baird. — *Diaphanosoma Leuchtenbergianum*, Fischer. — *Daphnella Brandtiana*, Sars. — *Sida brachyura*, Lilljeborg. — *Daphnella brachyura*, P.-E. Müller.

Il paraît que cette espèce est le seul, comme le plus simple représentant des Sidines dans les lacs Suisses. Je ne l'ai trouvée qu'en très-petit nombre dans les lacs de Constance et de Zurich.

Daphnia hyalina, Leydig.

Daphnia hyalina, Leydig, Naturg. d. Daphn., p. 151, Tab. I, fig. 8.

Daphnia pellucida, P.-E. Müller, Danm. Cladoc., p. 116, Tab. I, fig. 5.

Digitized by Google

Cette espèce telle qu'elle a été décrite par M. Leydig peut être considérée comme le type pur des formes pélagiques du genre Daphnia, dépourvue de ces formations accessoires frontales que j'ai appellées des balanciers. Cependant elle varie énormément selon les localités. Dans les lacs de Constance et de Zurich nous ne trouvons presque pas d'autres individus que ceux qui correspondent parfaitement à la description et aux figures de M. Leydig; mais dans le lac de Thoune une autre variété prédomine; elle ressemble beaucoup à une forme que j'ai trouvée en Danemark et que j'ai décrite sous le nom de *D. pellucida*, sans que l'on puisse pourtant la considérer comme parfaitement identique. Cependant en examinant les Daphnia du lac Léman le doute disparaît. Ici la forme de Leydig paraît très-rare, tandis qu'on y trouve la variété du lac de Thoune et mélangés avec elle un assez grand nombre d'individus qui sous tous les rapports sont identiques avec la *D. pellucida*. J'ai trouvé tous les degrés intermédiaires entre la *Daphnia hyalina* à tête mince et étroite, à griffes caudales dépourvues de denticules basilaires, et la *D. pellucida* à tête large, à bec bien courbé et à griffes caudales ornées à leur base d'une série de denticules — petits et très-minces, il est vrai. La *D. hyalina* peut donc dans certaines localités se développer en *D. pellucida*, mais en outre je suis fort tenté de croire que l'espèce suivante n'est qu'une variété encore plus avancée sous l'influence de conditions plus favorables, car j'ai trouvé des individus de *D. pellucida* qui se rapprochent par certains points de la structure de la tête de la *D. galeata*, Sars. Il me manque pourtant encore une série suffisante de formes intermédiaires pour le constater; on

Digitized by Google

est donc pour le moment obligé de considérer la *D. galeata* comme une espèce distincte.

On trouve la *D. hyalina* dans les lacs de Constance, de Zurich, de Thoune et de Genève.

Daphnia galeata, Sars.

Daphnia galeata, Sars, Zoologisk Reise. Christiania, 1863, p. 21.
Daphnia galeata, P.-E. Müller, Danm. Cladoc., p. 117, Tab. I, fig. 6.

Cette espèce habite le lac Léman en assez grand nombre ; je ne l'ai pas rencontrée autre part.

Bosmina longispina, Leydig.

Bosmina longispina, Leydig, Naturg. d. Daph., p. 207, Tab. VIII, fig. 62.
Bosmina lacustris, P.-E. Müller. Danm. Cladoc., p. 149.

Chez cette espèce les antennules de la première paire ont une longueur médiocre et sont assez droites ; le fil sensitif isolé des antennes a son point de départ tout près de cette ligne que j'ai appellée « linea sejunctionis antennarum ; » les griffes caudales ont six denticules qui ne montent pas jusqu'au tubercule qui porte ces griffes, et la carapace, sans bosse, plus longue que large, est ornée de deux épines sur son angle postérieur et inférieur. On verra que ces caractères sont les mêmes que ceux qui distinguent la Bosmina que j'ai décrite sous le nom de *B. lacustris ;* mais c'est seulement en connaissant les variations de la forme suisse qu'on peut comprendre leur identité ; pourtant le doute ne disparaîtra pas complétement avant que les mâles, si variables chez les Bosmina, n'aient été trouvés.

Il paraît que la *B. longispina* est dans les lacs de la Suisse le seul représentant des trois ou quatre espèces qui peuplent les lacs du Nord. Comme la *Daphnia hyalina* parmi les Daphnia, la *Bosmina longispina* se trouve parmi

Digitized by Google

les Bosmina plus près du type pur que les espèces pélagiques de la Scandinavie; c'est une forme moins richement développée que celles-là; chez elle l'unique trace d'une organisation pélagique se manifeste par l'accroissement un peu extraordinaire des épines postérieures de la carapace. Ce n'est même pas partout que l'espèce porte bien développé cet ornement déjà si modeste. Parmi les lacs que j'ai explorés en Suisse aucun n'est aussi pauvre que le petit lac de St-Moritz dans la Haute-Engadine; toutes les formes pélagiques ont disparu dans ces régions élevées et stériles, sauf celle qui est partout la plus répandue, la *Bosmina longispina*; mais elle y a perdu son seul luxe, les grandes épines de la carapace; il n'en reste qu'une faible partie. Sous tous les autres rapports la Bosmina de St-Moritz correspond à celle qui peuple les autres lacs de la Suisse. Dès lors il ne doit être permis de prêter à un caractère aussi variable que la longueur des épines, qu'une importance tout à fait secondaire.

La *Bosmina longispina* est le plus commun de tous les Cladocères pélagiques de Suisse; je n'ai pas exploré un seul lac sans l'y trouver en grand nombre.

Fam. II. POLYPHEMIDÆ.

Cette famille ne compte que deux espèces dans des lacs de la Scandinavie, la *Leptodora hyalina* Lilljeb. et un *Bythotrephes*, pour lequel j'ai autrefois adopté le nom de *B. Cederströmii*, proposé par M. Schödler. Nous allons voir que ces deux formes sont aussi les seuls représentants de cette famille dans les lacs usisses.

Digitized by Google

BYTHOTREPHES LONGIMANUS, Leydig.

B. longimanus, Leydig, Naturg. d. Daphn., p. 244.
B. longimanus, Lilljeborg, Beskr. öfv. tv. märkl. Crust. l. c., p. 268, fig. 23-29.
B. Cederströmii, Schœdler, Neue Beitr. etc., p. 73.
B. Cederstromii, P.-E. Müller, Danm. Cladoc., p. 203, Tab. IV, fig. 29; Tab. V, fig. 1-18; Tab. VI, fig. 7.

Nous avons dit que l'auteur distingué de la « Naturgeschichte der Daphniden, » M. Leydig, n'avait trouvé l'étrange animal auquel il donna le nom de *B. longimanus* que dans l'estomac du *Corregonus Wartmanni*; les exemplaires qui étaient à sa disposition se trouvaient donc dans un état peu convenable pour une étude approfondie, et il était par conséquent inévitable que la description et les figures de son espèce n'atteignissent pas à l'extrême exactitude qui distingue les ouvrages de ce savant. Ce fut, sans doute, par suite de semblables observations que M. Lilljeborg, qui presque en même temps que M. Leydig avait trouvé un Bythotrephes dans les lacs de la Suède, donna à son animal le nom de *B. longimanus* Leyd. Mais M. Schödler, en examinant les descriptions de ces deux crustacés, trouva les différences qui existaient entre eux trop grandes pour qu'on pût les réunir dans une seule espèce et il proposa pour la forme Suédoise le nom de *B. Cederströmii*. Quoique je ne pusse me rendre au raisonnement de M. Schödler, je crus pourtant nécessaire d'adopter le nom de *Cederströmii* pour le Bythotrephes de la Scandinavie chez lequel j'avais trouvé certains caractères importants qui semblaient faire défaut chez le Bythotrephes de la Suisse.

Cependant des recherches faites dans le lac de Constance, d'où M. Leydig a tiré son animal, m'ont procuré un Bythotrephes, vivant immédiatement sous la surface de

Digitized by Google

l'eau comme la forme du Nord ; les lacs de Zurich, de Thoune et de Genève m'ont fourni la même forme. Elle présente une identité parfaite avec le Bythotrephes de la Scandinavie, et de plus, avec le Bythotrephes qui a été trouvé dans l'estomac du Corregonus Wartmanni et que j'ai eu l'occasion d'étudier grâce à l'obligeance de M. Leydig qui m'en a fourni des exemplaires. Le *Bythotrephes longimanus* Leydig est donc la seule espèce qui habite le milieu des lacs d'Europe étudiés jusqu'à présent, et le *Bythotrephes Cederströmii* doit disparaître de la nomenclature.

Des études répétées de la forme suisse m'ont prouvé que la description de cet animal faite par M. Lilljeborg et par moi d'après des exemplaires vivants est correcte, et que les prétendus caractères par lesquels le Bythotrephes de M. Leydig semble différer de la forme du Nord résultent d'une erreur causée très-naturellement par l'état de macération des exemplaires examinés.

Cette espèce est assez commune dans les lacs cités. J'ai trouvé les mâles au milieu de novembre (lac Léman).

LEPTODORA HYALINA. Lilljeborg.

L. hyalina, Lilljeborg, Beskr. öfv. tv. märkl. Crust. etc., l. c., p. 265, fig. 1-22. — Id., Forh. veddet 8de skandinaviske Naturforskermöde, 1860, p. 586.

L. hyalina, P.-E. Müller, Danm. Cladoc., l. c., p. 226, Tab. VI, fig. 14-21. – Id., Bidr. til Cladoc. Forplantningshistorie ibid., p. 297, fig. 1-15.

Cet animal, si remarquable par sa transparence parfaite, par son organisation aberrante et par sa grandeur relativement considérable, se trouve assez fréquemment dans les lacs de Constance, de Zurich, de Thoune et de Genève. J'ai trouvé les mâles vers la fin de novembre dans ce dernier.

Digitized by Google

Les Cladocères qui constituent la faune du milieu des lacs suisses vivent comme leurs parents du Nord immédiatement au-dessous de la surface de l'eau jusqu'à deux ou trois mètres de profondeur. J'ai pu constater pour les lacs du Danemark, qu'ils restent pendant la nuit dans la même couche d'eau que pendant la journée ; sans doute il en est de même en Suisse, et si ces animalcules servent de nourriture à quelques poissons qui habitent ordinairement les grandes profondeurs, comme le Corregonus Wartmanni, cela prouve que ceux-ci, au moins à certaines heures, peut-être après le coucher du soleil, cherchent la surface des lacs pour s'emparer de leur proie.

Vers le commencement de l'hiver ces animaux disparaissent des eaux — sauf peut-être quelques espèces du genre Daphnia — après que leurs œufs d'hiver ont été pondus et flottent sur l'eau jusqu'au printemps suivant. C'est dans le milieu de novembre que le Bythotrephes et la Leptodora meurent dans les lacs du Danemark; dans le lac Léman je les ai trouvés encore à la fin de ce mois.

Dans les eaux du Danemark les énormes essaims de ces animaux sont très-souvent attaqués par un champignon appartenant au groupe des *Saprolegnia*. Cette plante développe son mycelium sous la peau du crustacé, couvre tous les organes intérieurs de ses filaments transparents et tue ensuite l'animal en perforant les tissus extérieurs par ses tiges fructifères. Des masses considérables de nos animaux succombent aux désastreux effets de ce parasite dans les lacs du Nord; en Suisse au contraire, où leur nombre en espèces et en individus est bien plus restreint, je n'ai jamais trouvé la moindre trace de ce Saprolegnia.

Digitized by Google

II. CLADOCÈRES DU BORD DES LACS.

Les Cladocères du bord des lacs sont, comme nous venons de le dire, faciles à distinguer des formes du milieu ; ils ont un cachet caractéristique qu'ils partagent avec celles des petits étangs.

Ils sont très-peu transparents, et ont une taille trapue, manquent de balanciers ou d'autres prolongements du corps, qui pourraient gêner leurs mouvements entre des objets solides, tels que les pierres et les plantes aquatiques du rivage. Souvent les « rames » (antennes de la seconde paire), formant des nageoires, sont comme chez les Cladocères du milieu leurs seuls organes de locomotion ; ils se maintiennent alors en nageant dans l'eau (les Sida, les Daphnia, les Bosmina, etc. du rivage) ; mais la plupart des espèces présentent encore un développement spécial de quelque organe qui leur permet d'exécuter des mouvements sur les corps solides, c'est-à-dire, sur le sol de leur habitation.

Dans un autre mémoire j'ai déjà eu l'occasion de montrer quels sont ces organes, qui se transforment de manière à se prêter à cette sorte de locomotion. Dans la sous-famille des Daphnidæ, quelques soies des « rames » deviennent grosses et raides, perdent leur plumage et forment des sortes de bâtons épineux à l'aide desquels ces animaux se poussent en avant sur le limon du fond, ou grimpent sur les conferves, les Lemna et autres plantes qu'ils rencontrent dans leur domicile (Macrothrix, Lathonoura, Drepanothrix, etc.). Quelquefois une soie de leurs « rames » est transformée en un crochet au moyen duquel l'animal peut s'attacher aux corps solides, ou bien toute

Digitized by Google

trace du plumage des « rames » disparaît et ces organes ne présentent d'autre aspect que celui de pattes énormes à l'aide desquelles ces Daphnines rampent sur le limon (*Iliocryptus*). — Alors dans cette sous-famille ce sont presque toujours les « rames » qui constituent le seul organe de locomotion en servant tantôt à nager, tantôt à ramper. Chez les Lyncéines au contraire les « rames » ne présentent qu'un développement très-restreint et servent exclusivement à la natation ; tandis que c'est de la queue que se servent pour marcher ces animaux toujours attachés au fond de l'eau ; c'est pour eux un pied. Cet organe ordinairement mince et peu développé chez les Daphnines, devient fort et très-chargé de chitine chez les Lyncéines, et offre une riche variation de formes en rapport avec les mouvements de l'animal ; ainsi nous connaissons parmi les Lyncéines des genres sauteurs (*Camptocercus*), des genres rampeurs (*Alona*), etc.

Il est clair que les bords des lacs offrent, selon les différentes configurations du terrain, une variation infinie de stations, depuis la plage sablonneuse, exposée aux effets des vagues et sans aucune végétation, jusqu'aux petits golfes à l'eau tranquille et riche en plantes aquatiques de toute sorte. On ne peut donc s'attendre à trouver ici une faune de Cladocères différente de celle des petites flaques d'eau, puisque les stations présentent des conditions pareilles ; en effet, les bords des lacs offrent pour la plupart les mêmes Cladocères que les petits étangs ; il n'y manque que ceux qui se trouvent seulement dans les fossés des tourbières, dans les mares d'eau sale et corrompue, etc. On rencontre donc difficilement des formes nouvelles et très-caractéristiques parmi les Cladocères du bord des lacs, parce que celles des petits étangs sont

Digitized by Google

déjà bien connues. Dans les lacs de la Suisse, ces parties n'offrent presque aucune espèce en dehors de celles décrites par M. Jurine comme appartenant aux petits bassins. La seule espèce, cependant, qui semble être bien caractéristique du fond et du bord des lacs de la Scandinavie, la *Latona setifera*, n'a pas été rencontrée par cet auteur; j'ai été assez heureux pour la trouver, quoique en petit nombre, dans le lac de Constance, près de Friederichshafen en Würtemberg. La liste des Cladocères du bord des lacs helvétiques devient alors presque identique à celle des lacs scandinaves.

Un rivage sablonneux ou rocheux, agité souvent et fortement par les vagues et dépourvu de végétation, doit être la seule partie du bord des lacs qui offre des conditions à part, ne se retrouvant pas dans les flaques et dans les mares. Les Cladocères que j'ai trouvés dans des localités de cette nature en Suisse sont :

A la surface de l'eau :

Sida crystallina (O.-F. Müller) [1].
Scapholeberis mucronata (O.-F. Müller), *var. cornuta*.

Attachés au fond :

Latona setifera (O.-F. Müller).
Pleuroxus truncatus (O.-F. Müller).
Alona lineata (Fischer).
Alona oblonga, P.-E. Müller.

III. REMARQUES GÉNÉRALES.

Les principales formes de Cladocères qui habitent les étangs de la Suisse sont déjà connues par l'excellent

[1] Cette forme n'a pas été trouvée par M. Jurine et semble être très rare dans les environs de Genève; dans les parties septentrionales du pays, au contraire, elle se trouve assez fréquemment.

Digitized by Google

ouvrage de M. Jurine, et en y ajoutant celles des grands lacs, mentionnées dans la petite esquisse que je viens de donner, on peut se former — j'ose le croire — un tableau assez précis de la faune des Cladocères de la Suisse.

Ce qui frappe d'abord, c'est la grande concordance entre cette faune et celle de la Scandinavie, et en parcourant les mémoires publiés sur ces Crustacés dans d'autres pays, on remarquera que toutes les parties de l'Europe, explorées jusqu'à présent à ce point de vue, des hautes montagnes de la Scandinavie jusqu'aux Alpes[1], de Moscou jusqu'à Londres, offrent ordinairement les mêmes formes, ou plutôt presque tous les mêmes types de Cladocères. Mais entre les limites de cette grande aire zoologique, assez uniformément peuplée, non-seulement sous le rapport des Cladocères, mais aussi d'une manière générale, il y a des parties qui offrent une richesse zoologique plus ou moins grande ; nous allons voir si l'on doit considérer la faune des Cladocères des lacs suisses comme riche ou pauvre, en la comparant à cet égard avec d'autres parties de la même aire.

Le nombre d'individus des différentes espèces qui habitent le milieu des lacs scandinaves est immense. Ces animaux forment des essaims si considérables, qu'ils s'accumulent très-souvent sous forme d'un amas gélatineux de forte dimension au fond du petit filet dont on s'est servi

[1] Je ne crois pas que les Cladocères des grands lacs de l'Italie du Nord soient connus. Les recherches que j'ai faites dans le lac Majeur pour y trouver des Cladocères du milieu ne m'ont fourni aucun exemplaire. Cependant en raison des circonstances défavorables dans lesquelles j'ai travaillé, il n'est pas permis de conclure qu'il n'y en ait pas : la saison était très-avancée (décembre), et des inondations importantes avaient considérablement altéré le caractère des eaux.

Digitized by Google

pour les pêcher. Il n'en est pas de même dans les lacs suisses que j'ai explorés : les Cladocères s'y trouvent relativement en très-petit nombre et quelquefois il faut avoir de la patience pour obtenir les grandes espèces, telles que le Bythotrephes et la Leptodora. De plus, les individus sont en général plus petits dans ces lacs qu'en Scandinavie ; le géant parmi ces animaux, la Leptodora, qui atteint souvent 14^{mm} dans les bassins du Nord, n'a ordinairement que la moitié de cette grandeur en Suisse. Sans doute il serait permis de mettre en relation avec cette différence dans le nombre d'individus, l'apparition et les désastreux effets d'un parasite chez les Cladocères du Nord et son défaut probable chez les Cladocères de la Suisse. Ce parasite semble indiquer une surpopulation, signe d'une localité plus riche, dans les lacs de la Scandinavie, ou au moins du Danemark.

Tous les genres qui habitent le milieu des lacs du Nord se retrouvent dans ceux de la Suisse, sauf un seul, *Holopedium*, Zaddach; d'autre part, aucun nouveau genre n'apparaît en Suisse qui n'ait été trouvé en Scandinavie[1].

[1] Quant aux Cladocères des mares et des petits étangs, il y a certainement dans le Nord plusieurs formes caractéristiques qui ne sont pas connues en Suisse et dont peut-être quelques-unes n'y seront jamais trouvées. Mais il faut bien se souvenir que dans les pays qui entourent la Baltique l'étude de ces animaux a été entreprise, pendant ces dernières années, par plusieurs naturalistes qui, par leurs efforts réunis, ont pu donner à leurs recherches l'étendue nécessaire pour trouver beaucoup d'espèces rares, tandis que nos connaissances relatives aux Cladocères de la Suisse ont pour seule base les recherches de M. Jurine, qui remontent aux années antérieures à 1820. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner de la différence qui existe dans le nombre des Cladocères entre ces deux faunes, surtout si l'on remarque que les types caractéristiques qui semblent faire défaut en Suisse, sont en réalité pour la plupart des formes très-rares, telles que les *Drepanothrix*,

Digitized by Google

Cette partie de la faune suisse doit donc être considérée comme la même, par rapport aux genres, quoique un peu moins riche.

Considérons ensuite le nombre des espèces qui se groupent autour de ces types représentés par les genres. En Suisse nous avons trouvé 1 Daphnella, 2 Daphnia, 1 Bosmina, 1 Bythotrephes et 1 Leptodora ; autour de la Baltique nous connaissons 2 ou 3 Daphnella (y compris leur proche parent la Limosida), 5 ou 6 Daphnia, 3 ou 4 Bosmina, 1 Bythotrephes et 1 Leptodora. Cette liste montre encore la même chose : la faune des Cladocères des lacs suisses et moins riche que celle des lacs du Nord.

Mais en examinant les espèces elles-mêmes, nous pourrions poser des conclusions assez intéressantes sur le caractère des marques spécifiques dans ces genres. Parmi les types nommés, deux sont représentés seulement par une espèce dans chaque pays, et cette espèce est exacte-

Iliocryptus, *Monospilus*, etc. Il y aurait une manière bien plus sûre d'indiquer une différence entre ces deux faunes, si nous pouvions trouver en Suisse une forme caractéristique qui fût inconnue en Scandinavie. Il y en a une, en effet, le *Monoculus longicollis* de M. Jurine, animal qui semble avoir été oublié par les successeurs de cet auteur ; on ne le trouve pas même indiqué dans le traité de M. Leydig, qui donne une liste de tous les Cladocères connus à l'époque où il publia ses recherches sur les Daphnies.

Par la présence des deux paires d'antennes, le *Monoculus longicollis* semble se trouver dans une relation étroite avec la seconde série de genres de la famille des *Daphnidæ*, les *Lyncodaphnidæ* de M. O.-G. Sars. Mais c'est précisément cette série qui renferme les formes les plus aberrantes, rares et locales, dont on doit principalement la découverte aux recherches faites dans ces dernières années. L'apparition en Suisse d'une forme nouvelle de ce groupe, si peu connu, n'indique donc nullement, dans l'état actuel de nos connaissances, une différence importante entre les deux faunes dont il s'agit.

Digitized by Google

ment la même et n'offre aucune variété connue. Les autres genres représentés par plusieurs formes varient énormément, et les espèces trouvées dans les deux pays sont principalement différentes De plus, les espèces du Nord, quoique appartenant à des genres systématiquement très-éloignés les uns des autres, ont en général le même cachet, c'est-à-dire un grand développement des balanciers ; celles de la Suisse ont de leur côté également un caractère à elles, en manquant ordinairement des balanciers.

Maintenant, en s'expliquant cette différence, on pourrait peut-être réussir à compléter le tableau commencé de la faune des Cladocères des lacs suisses, et à mieux connaître les particularités de ce groupe d'animaux. Il faut pour cela se rendre compte du caractère et de l'importance des organes balanciers.

Nous remarquons d'abord que les genres où les organes balanciers sont si intimement liés avec l'organisation de l'animal en général qu'on ne saurait se figurer cet être dépourvu de ce caractère, que ces genres, dis-je, sont des formes nécessairement attachées à cette faune pélagique des lacs, et ne peuvent contenir d'animaux littoraux. Le nombre de ces formes est cependant très-restreint et elles se trouvent exclusivement dans un milieu pélagique. Ce sont, pour les eaux douces de l'Europe, les genres Holopedium et Leptodora, pour la mer le genre Evadne.

Mais chez la plupart des Cladocères de la catégorie dont il s'agit, les balanciers ne peuvent être considérés que comme des formations accessoires ; l'animal ne perdrait rien de sa forme typique s'il était privé de ces ornements, et aucun de ses organes ne souffrirait dans ces

Digitized by Google

fonctions. Il en est ainsi des genres Daphnia et Bosmina. Les balanciers ne consistent chez eux que dans des prolongements ou dilatations cutanées; ces formes peuvent donc facilement avoir des proches parents parmi les Cladocères sans balanciers, parmi ceux par exemple qui vivent près du bord, et auxquels dès lors leurs mouvements entre des corps solides interdisent ces appendices longs et raides. En réalité il n'y a pas d'autre différence entre les Daphnia et les Bosmina du milieu et celles du bord des lacs qu'un défaut constant chez ces dernières du signe pélagique, l'impossibilité pour ainsi dire de son développement.

Cependant l'utilité des balanciers ne peut être très-grande chez la plupart de nos animaux, quoique ces organes soient si répandus. Ils servent exclusivement à rendre les mouvements de ces gracieux nageurs plus réguliers, et nous voyons que les Daphnia pourvues de « crista » et de « spina » font des bonds plus horizontaux et plus longs que celles qui n'en possèdent pas; les Bosmina à longues antennes exécutent des rotations en grands cercles, tandis que les autres culbutent presque sur place, etc. Dès lors les grandes nappes d'eau, qui n'offrent pas, par des objets solides, d'obstacles aux libres mouvements de leurs habitants, peuvent permettre un développement quelquefois immense de ces prolongements; mais ces prolongements ne peuvent être considerés comme des organes indispensables pour la vie dans ce milieu; on doit les regarder plutôt comme des ornements utiles, formant une parure commode, et résultant pour ainsi dire de la richesse de la localité. Avec cette explication concordent les capricieuses variations de forme de ces organes, et ce fait que l'on remarque souvent dans un

Digitized by Google

même lac de certaines analogies dans le développement de ces parures chez les différentes espèces et même chez différents genres; de plus, dans certaines parties des lacs et pendant certaines saisons les « spina » et surtout les « crista » ont quelquefois un cachet particulier.

Il y a pourtant encore un animal qui mérite d'être mentionné ici, le *Bythotrephes longimanus*. L'organisation pélagique de cette forme se manifeste par la prolongation énorme du tubercule qui chez tous les Cladocères porte les deux soies caudales. On ne peut pas dire que cette marque pélagique appartienne au type de l'animal, car elle n'est qu'une modification d'un organe qui se trouve déjà considérablement développé chez la forme littorale correspondante, le *Polyphemus oculus*. Mais d'un autre côté on ne peut pas le regarder comme une parure, telle que la lame frontale des Daphnia; car il me semble qu'une formation qui sert à régler le mouvement peut être considérée comme un organe de luxe, ou tout au plus comme un faible organe de défense en ce qu'il facilite la fuite chez les Daphnia, animaux qui vivent de détritus végétaux dispersés partout dans l'eau, en même temps qu'on la regarde comme un organe nécessaire chez les Polyphémides, animaux rapaces qui par leur adresse, leur rapidité et leur force sont obligés de saisir ou de poursuivre leur proie. Le balancier, qui chez les Cladocères phytophages mérite plus ou moins le nom d'ornement, peut donc changer de forme et même disparaître selon la richesse de la localité — comme nous le voyons en réalité — tandis qu'on peut s'attendre à ce qu'il reste constant chez les Cladocères rapaces, comme un organe d'une grande utilité.

Digitized by Google

Nous pouvons donc, en cherchant à déterminer le caractère de la faune des Cladocères des grands lacs de la Suisse, nous résumer ainsi. Cette faune appartient à la même aire zoologique que la Scandinavie méridionale et centrale, aire qui, selon l'état actuel de nos connaissances, occupe toute la partie centrale et occidentale de l'Europe, à partir des hautes montagnes de la Scandinavie jusqu'aux Alpes, du centre de la Russie jusqu'à l'Atlantique. Il semble enfin, que les Cladocè es de la Suisse représentent, relativement à certaines autres parties de la même aire, une faune pauvre sous le rapport du nombre des types qu'elle contient, du nombre des espèces, de la richesse de forme de ces espèces, et du nombre des individus.

Mais il doit être permis d'ajouter encore d'autres remarques générales, concernant la variabilité de ce groupe d'animaux. Les cinq types qui, parmi les Cladocères, forment la population du milieu des grands lacs de l'aire en question sont les Daphnella, Daphnia, Bosmina, Bythotrephes et Leptodora. Là où les conditions de la vie semblent être les plus pauvres pour ces animaux, nous trouvons principalement les types simples ; là, au contraire, où ces conditions ont l'air d'être plus richement développées, deux de ces types existent encore sans être altérés en aucun point de leur organisation, tandis que les autres ont disparu pour la plus grande partie, se sont dissous et changés en un assez grand nombre d'espèces peu constantes. Ensuite, les deux types, qui n'ont subi aucune variation sont, d'un côté, ceux dont l'organisation (forme pélagique) correspond le mieux avec le caractère de leur habitat et de l'autre ceux dont chaque changement de forme entraînerait nécessairement une altération importante dans leur

Digitized by Google

manière de vivre (animaux rapaces) ; ce sont des formes qui varient difficilement, des espèces constantes. — Les types dissous ou multipliés et développés, quoique très-différents, se sont changés d'une manière analogue entre eux, se trouvant dans les mêmes conditions (développement des balanciers). Cette altération du type, qui semble s'effectuer assez facilement, tend à donner à l'animal la forme qui prédomine chez tous ceux qui vivent dans des conditions pareilles ; mais parce que la forme pélagique est de peu d'importance pour la vie de ces animalcules et consiste dans le développement d'organes tout à fait accessoires, son apparition dépend de la richesse de la localité, et on trouverait difficilement quelque chose de constant dans leur formation : le type se développe et se change facilement en de nouvelles formes, variétés ou espèces.

En étudiant ainsi les rapports entre les formes par lesquelles les types de Cladocères sont représentés dans diverses parties de l'aire que nous venons d'examiner, il me semble qu'on y trouve une affirmation des idées, déjà exposées dans mes « Cladocères du Danemark » à l'égard des caractères systématiques de ces animaux. Plusieurs grands genres de Cladocères phytophages (Fam. Daphnidæ) pour lesquels on a eu tant de peine à trouver des caractères constants en étudiant une partie, même très-restreinte, de leur aire, présentent des difficultés encore bien plus grandes à mesure que le regard embrasse un nombre de plus en plus considérable de localités différentes. J'ai cherché à montrer que ces types de Cladocères, qui ont des représentants presque en chaque endroit, sont surtout ceux que nous voyons susceptibles

Digitized by Google

de la variation la plus étendue et que les organes qui varient sont ceux qui se trouvent influencés le plus facilement par les particularités du milieu : les balanciers, tels que l'épine de la carapace et la crête frontale des Daphnia, les antennules et la bosse des Bosmina, etc. Bien que cette observation, prise dans un sens général, ait été souvent exprimée, je crois pourtant qu'il me sera permis de la mentionner à propos des Cladocères, car c'est précisément de ces caractères que l'on s'est servi ordinairement pour établir de nombreuses espèces et même des genres. Dans ce groupe d'animaux, les Daphnia et les Bosmina si répandus dans des localités quelquefois très-différentes présentent des agrégations d'espèces vraiment flottantes, aux différences d'organisation extérieure desquelles il serait erroné d'attribuer la même importance systématique que chez les autres Cladocères.

Digitized by Google

RECHERCHES THERMOCHIMIQUES[1]

PAR

M. JULIUS THOMSEN

(QUATRIÈME PARTIE[2])

Dans ce quatrième mémoire, l'auteur traite des combinaisons du bore, du silicium, de l'étain, du titane et du platine. Il s'appuie sur un nombre très-considérable d'expériences, et termine l'exposition des résultats qu'il a obtenus par le résumé suivant, que nous traduisons en entier :

1° L'acide silicique n'offre pas un point de saturation déterminé; la chaleur dégagée lors de sa neutralisation par la soude augmente continuellement avec la proportion d'acide. Elle n'est que de 2615^c pour un équivalent d'acide (SiO^2) agissant sur un équivalent de soude, s'élève à 7956^c pour six équivalents d'acide, et paraît devoir atteindre pour une plus forte proportion d'acide 13410^c. La chaleur dégagée peut être exprimée approximativement par la formule

$$y = \frac{x}{x+4,27}\,13410^c$$

x désignant le nombre d'équivalents d'acide agissant sur un équivalent de soude.

2° Lors de l'action de la soude sur une dissolution

[1] *Poggendorff's Annalen*, tome CXXXIX, p. 193.

[2] Voyez pour les trois premières parties, *Archives*, décembre 1869, t. XXXVI, p. 301; janvier 1870, t. XXXVII, p. 73, et mars, p. 201.

Digitized by Google

d'acide silicique, il paraît se former dans certaines circonstances des modifications isomériques de cet acide.

3° La chaleur latente de l'acide silicique hydraté paraît être très-faible.

4° L'acide titanique et l'acide stannique se comportent comme l'acide silicique.

5° L'acide borique établit une transition entre les acides étudiés dans les mémoires précédents et l'acide silicique. En effet, la chaleur de neutralisation de la soude par l'acide borique croît proportionnellement à la quantité d'acide jusqu'à ce que celle-ci atteigne un équivalent. Mais à partir de ce moment elle change de marche. Tandis que pour la plupart des acides il se produit une absorption de chaleur lorsque la proportion d'acide dépasse un équivalent, pour l'acide borique la chaleur dégagée continue à augmenter avec la proportion de cet acide. De 10005^c pour un équivalent d'acide borique, elle s'élève à 13573^c pour six équivalents.

6° L'avidité des acides précédents est si faible qu'elle peut à peine être appréciée : ce sont donc tous des acides très-faibles.

7° Les chlorures de silicium, de titane et d'étain se décomposent en présence de l'eau avec un dégagement de chaleur considérable ; j'ai trouvé :

$$(Si\,Cl^2, Aq) = 34630^c$$
$$(Ti\,Cl^2, Aq) = 28933^c$$
$$(SnCl^2, Aq) = 14960^c$$

Il n'y a qu'une très-faible affinité entre l'acide chlorhydrique et les acides résultant de ces décompositions ; ces dissolutions se comportent, lorsqu'on les neutralise par la soude, presque comme l'acide chlorhydrique libre.

Digitized by Google

8° La précipitation de l'acide stannique de sa dissolution chlorhydrique par le sulfate de soude résulte de la décomposition de ce sel par l'acide chlorhydrique de la dissolution; la précipitation est accompagnée d'un dégagement de chaleur considérable.

9° Le bichlorure d'étain et le chlorure de potassium se combinent par voie sèche avec un dégagement de chaleur considérable (12082^c). Le sel double ainsi formé se dissout dans l'eau avec absorption de chaleur (—1688^c), et la dissolution se comporte comme un mélange de chlorure de potassium, d'acide stannique et d'acide chlorhydrique.

10° Le bichlorure de platine $PtCl^2,HCl$ se dissout dans l'eau sans se décomposer. L'addition d'un équivalent de soude neutralise l'acide chlorhydrique en dégageant autant de chaleur que si cet acide était libre; mais le bichlorure de platine lui-même n'est nullement décomposé par la soude dans une dissolution aqueuse étendue. Le dégagement de chaleur cesse, et la réaction alcaline se manifeste dès que l'on a ajouté un équivalent de soude.

11° La réaction de l'acide fluorhydrique sur les acides du bore, du silicium, du titane et de l'étain est accompagnée d'un dégagement de chaleur considérable. J'ai trouvé :

$$BO^3,Aq \text{ et } 4\,HFl,Aq = 14700^c$$
$$SiO^2,Aq \text{ et } 3\,HFl,Aq = 16364^c$$
$$TiO^2,Aq \text{ et } 3\,HFl,Aq = 15450^c$$
$$SnO^2,Aq \text{ et } 3\,HFl,Aq = 10490^c$$

Cette réaction a lieu même en présence d'acide chlorhydrique libre. Mais l'acide fluorhydrique est sans action sur le bichlorure de platine.

Digitized by Google

12° L'acide fluosilicique (comme type des acides formés dans la réaction précédente) offre un point déterminé de neutralisation, correspondant à un équivalent $SiFl^2,HFl$; la chaleur de neutralisation par la soude est de 13312c, très-voisine de celle de l'acide chlorhydrique (13740), tandis que celle de l'acide fluorhydrique est de 16172c. Un excès d'acide diminue un peu la chaleur dégagée comme pour l'acide chlorhydrique. Lorsque la proportion de soude dépasse un équivalent pour un d'acide, celui-ci est décomposé et cette décomposition croissant avec la proportion de soude est accompagnée d'un dégagement de chaleur qui en donne la mesure.

Nous trouvons encore dans le dernier numéro du Bulletin de la Société chimique allemande de Berlin [1] un intéressant résumé, donné par M. J. Thomsen, de ses recherches sur les chaleurs de neutralisation des acides par la soude. Il comprend, outre les acides déjà mentionnés dans les mémoires précédents, l'acide sulfhydrique, plusieurs acides du phosphore et de l'arsenic, l'acide carbonique et plusieurs acides organiques. On y voit, dans deux tableaux, les chaleurs dégagées par l'action d'une molécule d'acide sur des quantités variables de soude, et celles qui résultent de l'action d'un équivalent de soude sur un nombre variable de molécules d'acides. Ces derniers sont répartis en groupes suivant leur degré de basicité, en sorte que l'examen de ces tableaux montre de la manière la plus évidente l'influence de ce caractère.

[1] *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin.* Dritter Jahrgang, p. 187.

Digitized by Google

L'auteur fait suivre ces tableaux de quelques considérations générales qui résultent de leur examen.

Lorsqu'on fait agir l'hydrate de soude sur une molécule d'un acide, la chaleur dégagée croit à peu près proportionnellement à la quantité de soude jusqu'à ce que celle-ci atteigne 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{4}$ de molécule d'hydrate de soude, suivant que l'acide est mono-, bi-, tri- ou quadribasique. Au delà de cette proportion de soude le dégagement de chaleur ne subit plus de changement notable.

L'acide silicique, et en partie l'acide borique, l'acide phosphorique ordinaire et l'acide arsenique présentent seuls des exceptions à cette loi.

Nous avons vu plus haut comment se comportent l'acide silicique et l'acide borique. Pour l'acide phosphorique et l'acide arsenique l'anomalie tient à ce que les trois atomes d'hydrogène de leurs hydrates n'ont pas la même valeur. La substitution du sodium aux deux premiers seulement donne le même dégagement de chaleur; le remplacement du troisième en dégage beaucoup moins. Pour l'acide citrique les trois atomes d'hydrogène ont la même valeur.

Une conséquence curieuse de ces observations est que l'acide sulfhydrique doit être classé parmi les acides monobasiques.

Les nombres relatifs à l'acide carbonique (à l'état de dissolution) correspondent presque exactement à ceux de l'acide borique.

Lorsque la proportion d'acide dépasse celle qui est nécessaire pour la formation du sel normal, on observe, suivant la nature des acides, un effet calorifique qui peut être nul, positif ou négatif.

Pour les hydracides, à l'exception de l'acide fluorhy-

Digitized by Google

drique, l'effet calorifique dû à un excès d'acide est presque nul. Un excès d'acide sulfurique, sélénique, oxalique, tartrique, citrique ou fluorhydrique donne lieu à une absorption de chaleur notable, tandis qu'un excès d'acide sulfureux, sélénieux, phosphoreux, carbonique, borique, silicique, arsenique ou des autres acides du phosphore, donne lieu à un dégagement de chaleur assez considérable. Il l'est surtout pour l'acide silicique; pour trois molécules de cet acide, la chaleur est presque le triple de la chaleur de neutralisation.

L'acide phosphorique ordinaire et l'acide arsenique donnent aussi lieu à un dégagement de chaleur assez notable lorsqu'ils sont en excès. Mais ce dégagement atteint un maximum lorsqu'une molécule d'acide réagit sur une molécule d'hydrate de soude; une seconde molécule d'acide produit une absorption de chaleur.

Une troisième note du même auteur[1] est relative aux conséquences qui lui paraissent résulter des observations précédentes relativement à la basicité et à la constitution de l'acide sulfhydrique.

Les expériences montrent que lorsqu'une dissolution de soude absorbe le gaz sulfhydrique, la chaleur dégagée croît proportionnellement à la quantité d'acide jusqu'à ce que celle-ci atteigne une molécule; on a alors:

$$NaOH,Aq \text{ et } SH^2 = 12490^c,$$

mais pour comparer ce chiffre à celui qui est relatif aux autres acides, il faut en retrancher la chaleur résultant de la condensation de l'acide sulfhydrique dans l'eau, soit

[1] *Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft*, p. 192.

Digitized by Google

4760^c. Il reste donc 7730^c pour la chaleur de combinaison d'une molécule d'acide sulfhydrique en dissolution aqueuse avec une molécule de soude, donnant naissance au sulfhydrate de sulfure NaSH.

Pour une proportion plus grande d'acide sulfhydrique, la chaleur dégagée est la même que lorsque ce gaz se dissout dans l'eau.

D'un autre côté l'addition de la soude à la dissolution du sulfhydrate de sulfure de sodium ne donne lieu qu'à un dégagement de chaleur à peine appréciable; ces deux corps ne réagissent donc pas l'un sur l'autre.

Ainsi l'acide sulfhydrique se comporte exactement comme les acides monobasiques; la saturation a lieu par la réaction d'une molécule de cet acide sur une molécule d'hydrate de soude.

Des expériences analogues faites avec l'ammoniaque et la baryte ont donné les mêmes résultats, la saturation a lieu pour une molécule d'ammoniaque ou une demi-molécule de baryte.

On peut donc conclure de là que l'acide sulfhydrique est monobasique, que sa molécule ne contient qu'un seul atome d'hydrogène susceptible d'être remplacé par un métal dans une dissolution aqueuse, et que la formule de cet acide doit être écrite H. SH.

On doit enfin, en raison de l'analogie incontestable de l'eau et de l'acide sulfhydrique, lui attribuer une constitution analogue et assimiler l'eau aux acides monobasiques en lui donnant la formule H. OH, ce qui s'accorde avec les théories modernes de la chimie organique.

Nous nous permettrons d'ajouter quelques observations sur ces deux derniers mémoires de M. Thomsen.

Ce savant nous semble un peu exagérer l'importance

Digitized by Google

des résultats que l'on peut attendre de ce genre de recherches, au sujet de la constitution des divers acides. Au fond ses observations se résument en ceci, que la chaleur de combinaison des acides avec la soude croît proportionnellement à la quantité d'acide jusqu'à ce que l'on atteigne celle qui correspond à la neutralisation. Au delà il n'y a plus qu'un effet très-faible et dont le sens varie suivant la nature des acides. Mais en fait, tous les acides, quelle que soit leur basicité, se comportent en général de la même manière, en sorte que ces déterminations ne nous apprennent, sur la constitution des acides, que ce que nous pouvions savoir par la composition de leurs sels.

Pour ce qui concerne en particulier l'acide sulfhydrique, ses expériences prouvent seulement que les monosulfures des métaux alcalins et alcalino-terreux ne peuvent pas exister en dissolution étendue dans l'eau, celle-ci les décomposant en oxydes et sulfhydrates de sulfures. C'est ce que H. Rose avait déjà démontré pour les sulfures alcalino-terreux, et ce que M. Béchamp a établi plus récemment pour les sulfures alcalins [1]. Il ne nous semble pas qu'il en résulte nécessairement que l'on doive considérer l'acide sulfhydrique comme monobasique. Il est regrettable que M. Thomsen n'ait pas cherché à répéter des expériences analogues avec des dissolutions plus concentrées que celles qu'il emploie habituellement; peut-être eût-il constaté que les monosulfures alcalins peuvent exister en dissolution concentrée, ce qui écarterait complétement l'idée de la monobasicité de l'acide sulfhydrique.

C. M.

[1] *Annales de Chimie et de Phys.*, 4me série, tome XVI, p. 402.

Digitized by Google

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

E. Frankland et J.-N. Lockyer. Recherches sur les spectres gazeux par rapport a la constitution physique du soleil, des étoiles et des nébuleuses. (*Proceedings of the Royal Society*, tome XVIII, n° 115.)

L'un de nous a démontré ailleurs que les vapeurs de magnésium, de fer, etc., sont injectées de temps à autre dans la chromosphère solaire, et deviennent alors visibles au moyen des brillantes lignes spectrales qu'elles fournissent [1]. Il a été aussi démontré que ces vapeurs n'atteignent, pour la plupart, qu'une température très-basse dans la chromosphère, et qu'en de rares occasions on observe de la vapeur de magnésium sous la forme d'un nuage séparé de la photosphère. Il a été constaté par les mêmes observateurs, en mars 1869, que les lignes spectrales n'atteignent pas toutes la même élévation. C'est ainsi que parmi les lignes *b*, par exemple, b^1 et b^2 sont à peu près d'égale longueur, tandis que b^4 est beaucoup plus courte. Dès lors, on a découvert que sur les 450 lignes du fer observées par Angström, il n'y en a qu'un très-petit nombre qui deviennent visibles dans le spectre de la chromosphère lorsqu'il s'y injecte de la vapeur de fer.

Les résultats des expériences de MM. Franckland et Lockyer sur l'hydrogène et l'azote leur ont permis de lier ces phénomènes entre eux, en admettant toujours, conformément à leur hypothèse, que de beaucoup la plus grande partie de l'absorption à laquelle sont dues les lignes de Fraunhofer, se passe dans la photosphère même. On n'a, en effet, qu'à admettre que, de même que dans le cas de l'hy-

[1] Voyez *Proceedings of the Royal Society*, vol. XVII, p. 351.

Digitized by Google

drogène et de l'azote, le spectre devient d'autant plus simple que la température et la densité sont moindres, pour expliquer la diminution dans le nombre de lignes visibles dans les régions où, suivant ta théorie, la pression et la température des vapeurs absorbantes du soleil sont à leur minimum. Pour vérifier cette hypothèse, les auteurs ont soumis à l'épreuve l'étincelle passant dans l'air entre deux pôles de magnésium, séparés de telle sorte que le spectre magnésien ne s'étendait pas d'un pôle à l'autre, mais n'était visible autour des deux pôles qu'à une petite distance de chacun d'eux, indiquée par l'atmosphère de vapeur du magnésium. Dans ces circonstances, et en observant avec soin les lignes *b* au moment où elles disparaissaient, on a pu constater *que ces lignes se comportaient exactement de la même manière que sur le soleil.* Des trois lignes *b*, la plus réfrangible était la plus courte, mais il s'en est trouvé de plus courtes encore qui n'avaient pas encore été remarquées dans le spectre de la chromosphère.

Cette expérience préliminaire paraît de nature à justifier l'hypothèse de MM. Frankland et Lockyer, et partant, la théorie sur laquelle elle est fondée; savoir. que la plus grande partie de l'absorption a lieu dans la photosphère, et que celle-ci, avec la chromosphère, constitue la véritable atmosphère solaire. Les auteurs font remarquer, que si, à la place de l'air, l'expérience ci-dessus avait été faite dans l'hydrogène, les phénomènes indiqués par le télescope auraient été reproduits d'une façon presque identique. En effet, chaque augmentation dans la température de l'étincelle a eu pour effet d'éloigner des pôles la vapeur de magnésium, et là où les lignes disparaissaient, on a remarqué une bande qui les surmontait, bande qui a peut-être quelque rapport avec celle qu'on observe de temps à autre dans le spectre de la chromosphère, lorsque les lignes magnésiennes ne sont pas visibles.

Digitized by Google

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Félix Plateau. Recherches sur les crustacés d'eau douce de Belgique. (2me et 3me parties [1]. Extrait par l'auteur.)

En présence des travaux importants publiés dans ces dernières années sur les animaux qui ont fait l'objet de mes recherches, il ne me restait, pour faire du neuf dans l'histoire des crustacés d'eau douce qu'à glaner les détails négligés par les carcinologistes.

Genre Daphnia. Il m'a paru utile d'étudier complétement le squelette cutané des Daphnies ; j'ai cherché à y appliquer les méthodes d'analyse de MM. Milne Edwards, Spence Bate, etc., et à le comparer, autant que possible, à l'enveloppe cutanée des décapodes.

Le corps comprend trois parties, la tête, le thorax, l'abdomen. L'ensemble des valves et du test qui recouvre la tête apparente, répond à la carapace ou à l'arceau scapulaire des crustacés supérieurs; la région cardiale y est représentée par la pièce triangulaire qui recouvre le cœur; la région branchiale, par les valves.

La tête a subi une courbure notable qui éloigne certaines parties et en rapproche d'autres. L'arceau céphalique nous présente la région médiane (stomacale de Desmarest) recouvrant la portion antérieure du tube digestif.

On constate l'existence de régions latérales.

Les régions faciales sont : la région frontale au milieu, très-réduite et recouvrant l'organe visuel (elle n'est développée en rostre que chez la *D. mucronata*), les régions orbitaires de chaque côté.

On peut compter comme somites céphaliques : Le premier somite caractérisé par les yeux, le second par les antennules (rames), le troisième par les antennes (petites antennes

[1] Voir pour le résumé de la première partie, *Archives*, juin 1869, tome XXXV, p. 154.

Digitized by Google

Straus). Son bord postérieur porte le *labre*. Le quatrième somite est désigné pour les protognathes (mandibules); il porte la lèvre inférieure; ses épimères hypertrophiées constituent les valves, comme MM. Milne Edwards et Sars l'ont montré.

Le thorax renfermé comme une grande partie de l'abdomen, entre les valves, comprend six somites, c'est-à-dire: un cinquième somite portant les deutognathes (mâchoires), un sixième portant les tritognathes (première paire de pattes des auteurs) et terminant le *Pereon* antérieur.

Le *Pereon* postérieur est formé de quatre somites portant chacun une paire de péréiopodes.

L'abdomen compte six somites, savoir : les onzième, douzième et treizième. Le quatorzième muni des mamelons qui ferment la matrice, le quinzième portant les soies caudales, le seizième ou dernier qui n'est autre chose qu'un véritable telson.

On ne possédait guère, jusqu'à présent, de données exactes sur la mue des Cladocères [1]. J'ai pu observer directement ce phénomène chez la *D. mucronata* femelle. Une longue fente transversale se produit suivant le sillon branchio-cardiaque qui sépare les valves de la tête, et le bouclier scapulaire se fend le long de la ligne médiane (arête dorsale des valves); la tête s'abaisse en avant et une nouvelle extrémité céphalique se fait jour du côté du dos par la fente transversale. La Daphnie se secoue rapidement, les antennules sortent des anciennes comme de véritables étuis; puis l'animal faisant quelques derniers efforts, se dégage finalement de la vieille peau par l'ouverture longitudinale de l'arête des valves. Le phénomène est excessivement rapide, toute la mue ne dure que deux secondes.

[1] Les phénomènes de mue chez les Cladocères ont été au contraire fort bien étudiés par divers auteurs et récemment encore par M. Müller de Copenhague. L'importance de ces phénomènes pour la compréhension des enveloppes des œufs hibernants, soit éphippiaux, a nécessité depuis longtemps leur étude approfondie. (*Réd.*)

Digitized by Google

L'appareil circulatoire offre quelques particularités curieuses, ainsi, le sinus veineux qui entoure le cœur est loin, comme on l'a cru, d'être toujours circulaire [1]. Chez la *D. Pulex*, vue par la face dorsale, il est polygonal à sept côtés; à chaque systole, ces sept faces deviennent fortement concaves, à chaque diastole elles repassent à l'état rectiligne.

Copépodes. Voici ce que j'ai observé quant au dermatosquelette : M. Leydig avait avancé que la cuticule (épiderme) ne renferme aucun dépôt calcaire, je crois l'avoir démontré chimiquement.

Les canaux qui traversent la cuticule des arthropodes ne sont guère visibles ici qu'au bord postérieur de certains anneaux thoraciques.

La matière qui colore la peau réside dans la membrane molle non chitinisée (corium). Elle est de nature graisseuse; l'animal vit peut-être à ses dépens dans les moments d'abstinence forcée, car, suivant les expériences que j'ai répétées après M. Zenker, elle disparaît lorsqu'on le fait jeûner.

La substance colorante bleue ou verte ne change pas par l'action des bases; elle devient rougeâtre par l'action des acides ; dans ce dernier cas, les bases ne la ramènent pas à sa couleur primitive.

Les copépodes doivent souvent d'autres couleurs au séjour dans des eaux naturellement colorées. A l'exemple de ce que B. Prévost aurait fait pour d'autres animaux, j'ai mis des cyclopides dans de l'eau rougie à l'aide de carmin; au bout de six jours ils étaient roses. La matière colorante se rencontrait alors dans le tube digestif, l'enveloppe des poches ovifères des femelles et l'intérieur du corps des infusoires parasites. Toutes ces observations prouvent que, dans ce groupe

[1] L'auteur pense que M. Leydig n'a remarqué la forme de ce sinus que chez une seule espèce, la *Daphnia macrocopus*, où il le représente comme circulaire. Mais ce n'est point exact. M. Leydig le décrit encore chez d'autres espèces, comme chez la *D. Sima*, où il le représente déjà comme polygonal. (*Réd.*)

Digitized by Google

de crustacés, la couleur ne peut jamais, malgré l'opinion contraire de Müller, être considérée comme caractère spécifique.

Le dermato-squelette des genres *Cyclopsine*, *Canthocamptus* et *Cyclops*, soumis à la même analyse que celui des *Daphnies*, montre six somites céphaliques dont les pièces tergales se soudent pour former un bouclier, quatre somites thoraciques, six somites abdominaux, telson compris. Les organes appendiculaires sont : une paire d'antennules, une paire d'antennes, une paire de protognathes, trois paires de pattes mâchoires, quatre paires de pattes thoraciques ou péréiopodes, comprenant chacune un endopode et un exopode; enfin une paire d'uropodes.

Le système musculaire méritait un examen attentif. Histologiquement, les muscles sont semblables à ceux décrits par M. Leydig chez les Branchipes, c'est-à-dire qu'ils sont constitués par une enveloppe transparente et un sarcode contractile composé d'éléments cunéiformes enchâssés les uns entre les autres. Je ne reproduirai pas ici la description de la musculature du corps ; je signalerai une seule particularité : Dans les antennes, les péréiopodes et les uropodes, si l'on voit, pour chaque article mobile, un muscle fléchisseur, on trouve toujours, comme antagoniste, un gros cylindre transparent élastique, sans aucune strie et offrant, çà et là, quelques noyaux brillants. C'est peut-être le prolongement très-long du sarcolemme d'un muscle fort court.

Quoiqu'on en ait dit, la *Cyclopsine castor* nage toujours le ventre en bas; le *Canthocamptus staphylinus* nage avec la queue dans le prolongement du corps; il ne la redresse qu'en mourant. La natation s'effectue à l'aide des antennules seules, et les péréiopodes permettent simplement à l'animal de stationner au sein du liquide. Les copépodes ont un poids spécifique supérieur à celui de l'eau pure; récemment tués, ils tombent au fond du liquide avec une vitesse de cinq millimètres par seconde.

Digitized by Google

Un ganglion optique, pour chaque œil, est le seul détail nouveau que j'aie relevé dans le système nerveux [1].

J'ai réobservé le sommeil curieux des cyclopides décrit par M. Zenker. Soumis aux décharges électriques d'une bouteille de Leyde d'un litre de capacité, ces petits animaux tombent au fond de l'eau comme foudroyés; mais, chose curieuse, une heure leur suffit pour sortir de cet engourdissement apparent et pour nager de nouveau avec vivacité.

Dans l'appareil digestif, j'ai remarqué, à la face interne de la première partie de l'intestin, une couche de cellules épithéliales énormes, transparentes et portant peut-être des cils vibratiles. J'ai été conduit à cette dernière supposition par les mouvements caractéristiques de rotation qu'effectuaient des particules de substance alimentaire dans l'intestin d'une *Cyclopsine castor*. Si mon observation était confirmée, elle prouverait qu'il peut exister un épithélium vibratile dans le tube digestif des articulés [2].

Une série d'expériences concernant l'influence de l'eau de mer sur les crustacés d'eau douce m'a permis de conclure que l'influence mortelle de l'eau de mer doit être attribuée aux chlorures de sodium et de magnésium en solution.

On avait admis, jusque dans ces derniers temps, que le *Cyclops quadricornis* n'avait pas de cœur. Ce cœur existe cependant; il est piriforme, étranglé au milieu et présente en avant son extrémité la plus large. En fait d'ouvertures, je n'ai pu distinguer qu'une fente veineuse à la partie antérieure et supérieure. Tandis que le cœur de la *Cyclopsine castor* est situé sous le premier anneau thoracique, celui du *Cyclops quadricornis* se trouve au contraire vers l'extré-

[1] M. Claus conteste entièrement la structure ganglionnaire à ce nerf, bien que M. Leydig en ait déjà fait une dépendance du système nerveux central. (*Réd.*)

[2] Il est bien entendu que je veux soulever en rien la question controversée de savoir si les *rotateurs* sont oui ou non des articulés.

Digitized by Google

mité du sixième somite céphalique. Il ne bat que fort lentement [1].

J'ai laissé entièrement de côté les organes reproducteurs internes pour ne m'occuper que des ouvertures génitales moins connues : chez le *C. quadricornis*, l'orifice génital femelle est percé, sur la ligne médiane ventrale, dans le sillon qui sépare le dernier somite thoracique du premier abdominal. Le dernier somite thoracique forme la lèvre supérieure, mue par deux muscles spéciaux. La lèvre inférieure appartient à l'anneau suivant. L'étude du mode de formation des poches ovifères m'a permis de conclure que l'organe sécrétoire allongé logé dans les premiers et deuxième anneaux abdominaux et aboutissant à la vulve, n'est pas destiné à la sécrétion des sacs, mais est un réceptacle du sperme [2].

Le véritable organe sécréteur des poches ovifères se compose de deux cœcum glandulaires courbes, situés sous la peau du premier somite abdominal. Très-peu visibles d'abord, ces glandes acquièrent, petit à petit, des contours plus nets.

[1] Si cette découverte est bien positive, elle a lieu de fortement surprendre. En effet, on ne connaissait jusqu'ici l'existence d'un cœur chez aucun membre de la nombreuse famille des Cyclopides, pas plus que de celle des Harpactides ou des Corycéides. Au contraire, cet organe est présent, non-seulement chez les Cyclopsines, mais encore chez tous les autres membres de la famille des Calanides et de celle des Pontellides. Mais il ne faut pas oublier que chez les Cyclopides le mouvement du sang est entretenu par les contractions lentes et rhythmiques de l'estomac, qui ont déjà trompé plusieurs auteurs et les ont amenés à croire à l'existence d'un cœur. La lenteur des pulsations du cœur découvert par M. Plateau pourrait faire craindre le renouvellement de cette méprise. (*Réd.*)

[2] Nous avons de la peine à admettre l'exactitude de cette description de M. Plateau. Il est certain qu'il existe dans la règle chez les Cyclopides, comme chez les Cladocères, deux vulves et non point une seule comme le voudrait M. Plateau, qui prend pour la vulve l'ouverture du réceptacle glanduleux de la semence. Cette duplicité de la vulve correspond d'ailleurs à la duplicité de l'ouverture génitale chez les mâles, contestée, il est vrai, mais à tort, par M. Plateau. (*Réd.*)

Digitized by Google

Quand la femelle est fécondée, le réceptacle du sperme, énormément gonflé, remonte entièrement dans le premier anneau de l'abdomen qu'il remplit; il refoule, en même temps vers le haut les glandes dont nous avons parlé : celles-ci ont au moins centuplé de volume et s'étendent latéralement jusqu'aux épimères. On constate, de chaque côté, une ouverture connue depuis longtemps entre l'épimère et la pièce épisternale correspondante; chacune de ces ouvertures porte une poche ovifère. Les glandes peuvent sécréter les deux poches en moins de 10 heures.

Dans les genres *Cyclopsine* et *Canthocamptus*, l'ouverture femelle est placée sur la limite entre les deux premiers anneaux abdominaux. Le réservoir des cyclops et les deux glandes existent, mais ici les orifices de ces dernières aboutissent à la vulve qui, elle, porte directement le sac ovifère unique.

Les poches ovifères sont sécrétées par couches situées l'une dans l'autre; le fond n'a qu'une couche.

Chez le *Cyclops quadricornis* mâle, il n'existe pas, comme on l'a cru, deux ouvertures génitales aux angles du dernier somite thoracique, bien qu'il y ait là deux organes produisant les spermatophores; mais on trouve un orifice unique en forme de fente au bord postérieur du premier somite abdominal.

P.-E. Müller. — Les Cladocères du Danemark (*Dannmarks Cladocera*. Kjöbenhavn, 1867. 1 vol. 8° avec planches. Extrait du *Naturhistorisk Tidsskrift*). — Le même. Contribution a l'histoire de la reproduction des Cladocères. (*Bidrag til Cladocerernes Forplantningshistorie*. Kjöbenhavn, 1868. 1 vol. 8° et pl. Extrait du même recueil.)

Les recherches de M. Müller[1] sur les Cladocères font une

[1] Bien qu'une partie de ces recherches ne soient pas très-récentes,

Digitized by Google

brillante suite aux belles recherches de MM. Lilljeborg, Leydig et G. Ossian Sars. Ne pouvant les analyser dans toute leur étendue, nous nous contenterons de relever les points les plus nouveaux de ce qui concerne l'anatomie et le développement.

On sait que la cuticule des Cladocères présente une apparence réticulée, mais cette règle présente des exceptions, moins nombreuses pourtant qu'on ne l'a cru jusqu'ici. La réticulation peut se présenter comme une sculpture superficielle : elle est alors formée par des crêtes saillantes, enserrant des aires plus ou moins régulièrement hexagonales. Ce relief correspond à la forme des cellules sous-jacentes de l'hypoderme. Chaque crête paraît donc répondre à la limite de deux cellules juxtaposées. Mais en outre de cette sculpture bien connue, M. Müller distingue une autre réticulation chez des espèces dont la cuticule ne présente aucune ligne saillante. Ainsi chez certaines formes des genres Holopedium, Eurycercus, Leptodora, etc., une simple macération de la cuticule dans l'eau suffit pour amener la désagrégation en plaques hexagonales à contours très-nets. Ce fait est en contradiction avec l'opinion très-généralement répandue de l'homogénéité complète des formations cuticulaires.

M. Leydig indique comme siége du pigment de la peau le tissu connectif interstitiel placé sous la couche cellulaire de l'hypoderme, et M. Hæckel est arrivé à des résultats semblables chez les Crustacés supérieurs. Mais, chez les Cladocères, le pigment peut se développer dans la couche de cellules même. C'est du moins ce qui arrive pour le genre Latona, où il n'y a pas de méprise possible, chaque cellule présentant une nuance particulière, distincte de celle des cellules voisines.

M. Leydig a décrit l'œil des Cladocères comme enfermé

nous pensons bien faire d'en publier une brève analyse. En effet, ces travaux remarquables sont complétement passés sous silence par plusieurs des savants qui s'occupent aujourd'hui activement de l'anatomie et surtout de l'embryogénie des crustacés.

Digitized by Google

dans une enveloppe transparente. Il a été contredit sur ce point par M. Claus, mais à tort selon M. Müller, qui voit les muscles des yeux s'attacher à cette capsule. Quant à l'organe interprété généralement comme un œil secondaire, M. Müller lui conserve le nom de tache cérébrale, afin de ne rien préjuger sur sa fonction. M. Leydig en fait, il est vrai, un organe visuel, parce qu'il a trouvé des corps lenticulaires enveloppés dans son pigment. Toutefois M. Müller objecte d'abord que cet organe n'a aucune connexion avec le ganglion ophthalmique; puis que le prétendu cristallin peut exister, mais le pigment manquer, comme chez certaines Daphnies. L'observateur danois a fait du reste une remarque curieuse sur la liaison qui semble exister entre le développement de cet organe et le genre de vie de l'animal. La tache cérébrale est en effet développée surtout chez les formes qui habitent les eaux très-profondes ou près du fond. Elle est aussi grande, et même plus grande que l'œil chez les Lyncéides; une espèce de cette famille (*Monospilus dispar*) est même entièrement dépourvue d'œil. mais munie d'une tache cérébrale très-grande. Elle vit au fond de l'eau, se frayant sa route dans la vase. L'*Alona sanguinea* a une tache cérébrale plus grande que l'œil proprement dit, et elle vit tout près du sol, à 8 brasses de profondeur; d'autres espèces du même genre présentent une disposition semblable et vivent dans la vase des lacs et des étangs. Parmi les Daphnides aucune espèce ne présente de tache cérébrale aussi grande que l'*Iliocryptus sordidus*; mais c'est aussi de toute la famille la forme la plus absolument liée aux régions profondes. Parmi les Sidinides, il n'y a point d'espèces aussi directement liées à la profondeur que la *Latona setifera*, et elle présente aussi la plus grande tache cérébrale. D'autre part cet organe fait défaut aux espèces du genre Bosmina qui, par leur organisation, sont incapables de se mouvoir au milieu d'objets solides. Il en est de même de la plupart des formes de pleine eau qui vivent dans les grands réservoirs près de la surface:

Digitized by Google

tantôt l'organe manque (Polyphémides, Daphnelles), tantôt il est extrêmement peu développé. On trouve, il est vrai, quelques rares exceptions à cette règle, comme l'existence d'une tache cérébrale bien développée chez l'*Holopedium gibberum*, qui est pourtant une forme de pleine eau. Mais M. Müller pense pouvoir conclure précisément du développement de cet organe, que cette espèce doit vivre à certains moments près du fond.

Relativement aux organes générateurs des Cladocères, il y a certaines divergences entre les auteurs. Chez les femelles M. Lilljeborg a décrit les vagins, et M. Schœdler les vagins et les vulves. Toutefois M. Leydig n'admet pas le bien-fondé de ces descriptions, et M. Müller lui donne en partie raison sur ce point. Mais d'autre part, ce savant pense que M. Leydig va trop loin lorsqu'il dénie aux femelles les organes copulateurs. C'est un fait constant que l'apparition simultanée des mâles et des œufs hibernants, et il est impossible de ne pas reconnaître une liaison entre ces deux phénomènes. On peut bien rencontrer de temps à autre, pendant le cours de l'été, les mâles de certaines espèces, mais leur présence est toujours quelque chose d'extrêmement exceptionnel au milieu des myriades de femelles. Dans l'arrière-saison au contraire, lorsque les femelles produisent des œufs hibernants, les mâles sont au contraire communs : chez certaines espèces aussi communs que les femelles. Il est vraisemblable que, seules, les générations de l'arrière-saison sont fécondées, et par conséquent, si l'on doit trouver des organes de copulation femelles, c'est dans ces générations-là. M. Müller a pu s'assurer chez le genre Bythotrephes que les œufs hibernants sont fécondés. Il a trouvé dans l'utérus de ces Cladocères un œuf qui venait seulement d'y arriver (à en juger par le peu d'épaisseur de son enveloppe) et qui avait sur l'un des pôles une cellule spermatique. Chez cette forme il a réussi à reconnaître avec certitude les vagins et les vulves de la génération munie d'œufs hibernants. Pour chaque ovaire il existe

Digitized by Google

un vagin membraneux, dont la position et l'apparence rappellent le vaisseau déférent du mâle et qui s'ouvre à l'extérieur par une large ouverture, derrière le pied de la dernière paire, au point, par conséquent, où se trouve le pénis chez le mâle. Dès lors la duplicité du pénis chez toutes les formes munies d'organes copulateurs, est plus compréhensible que si l'on fait déverser directement la semence dans l'utérus impair. Le parcours des vagins chez les Bythotrephes concorde tout à fait avec celui que M. Schœdler a décrit chez les Acanthocercus et M. Müller admet par suite que cette partie de la description de M. Schœdler est exacte, mais il suppose que les vulves sont placées derrière la dernière paire de pieds et non au lieu indiqué par ce savant.

Nous laissons de côté les différences de structure assez remarquables constatées par M. Müller dans la structure des organes mâles des différentes familles, pour consacrer quelque attention à la genèse et au développement de l'œuf.

Chez la plupart des Cladocères la genèse de l'œuf dans l'ovaire a lieu de la manière suivante: chez les toutes jeunes femelles, on trouve dans l'ovaire membraneux, immédiatement auprès de l'ouverture interne de l'oviducte, un amas de petites vésicules à paroi épaisse, munies de noyaux et séparées les unes des autres par une substance intermédiaire transparente. Bientôt cette substance se divise pour se concentrer autour d'une partie de ces vésicules. Les cellules ainsi formées, cellules dans lesquelles les vésicules primitives représentent les nucléus, se groupent quatre à quatre. Parfois le plasma s'isole d'abord autour de quatre vésicules à la fois, et plus tard seulement autour de chacune d'elles. Ces phénomènes se passent tantôt dans la partie de l'amas de vésicules la plus rapprochée de l'oviducte (Sidinides), tantôt dans la partie opposée, tournée vers l'extrémité aveugle de l'ovaire (peut-être chez tous les autres Cladocères). Les amas de cellules croissent et, dans certains cas (Holopedium), chaque groupe de quatre cellules s'entoure d'une membrane com-

Digitized by Google

mune. L'une des deux cellules médianes de chaque groupe, dans la règle celle qui est la plus éloignée de l'amas primitif de vésicules, présente bientôt une différenciation résultant de la formation de petits granules vitellins périphériques. En même temps il se forme dans cette même cellule une grosse goutte d'huile orangée, au moins dans l'œuf d'été, car cette goutte manque dans l'œuf hibernant. La cellule ainsi distinguée augmente de volume, tandis que les autres s'arrêtent dans leur développement. Lorsque les granules vitellins ont rempli toute la cellule principale, son noyau (la vesicule germinative), jusqu'alors central, se dirige vers la périphérie et se soustrait aux regards. En même temps les trois autres cellules diminuent de volume et finissent par être complétement résorbées. La cellule accrue et transformée, mais désormais unique, est l'œuf du Cladocère. Il est pondu dans l'utérus sans être enveloppé d'aucune membrane.

Chez quelques formes (Polyphémides, Moina), l'œuf d'été paraît se former d'une manière un peu différente, vraisemblablement aux dépens d'une seule cellule. La différence entre l'œuf d'été et l'œuf hibernant dans les ovaires, paraît consister d'ordinaire seulement dans la composition du vitellus de nutrition, dans son volume et quelquefois aussi dans sa membrane protectrice. Dans certains cas (Polyphémide, Moina), les œufs d'été manquent entièrement de vitellus de nutrition.

M. Müller a suivi également le développement de l'œuf dans l'utérus. Il a vu l'œuf après la ponte s'entourer d'une membrane qui paraît être le produit de la couche périphérique de son plasma. Les œufs hibernants sont en outre protégés d'une manière particulière, tantôt par la carapace de la mère (Daphnides), tantôt par un chorion sécrété sans doute par les glandes de la paroi utérine (Polyphémides). Dans un cas même (Leptodora), l'œuf hibernant s'entoure d'un chorion déjà dans l'ovaire.

Digitized by Google

La suite du développement de l'œuf d'été dans l'utérus peut se résumer, d'après des observations faites sur les Leptodora, de la manière suivante. Le blastoderme apparaît sur toute la surface de l'œuf, mais, sur l'un des hémisphères, les cellules qui le constituent restent minces et perdent leur noyau. Sur l'autre, un peu plus petit, les cellules s'allongent vers le centre, deviennent cylindriques et conservent leur noyau. C'est l'aire embryonnaire. En même temps le vitellus de nutrition se réunit en grosses gouttes huileuses qui prennent plus tard, par la pression réciproque, une apparence cellulaire.

Bientôt on voit apparaître sur toute la surface de l'aire embryonnaire de légers sillons qui sont les contours des antennes, des rames, du labre, des mandibules et des six paires de pieds. Tous les organes appendiculaires apparaissent donc dès le principe sur de très-grandes dimensions. Les rames embrassent tous les autres organes sus-nommés. Dans cette phase l'anus est formé par un léger enfoncement, et la bouche avec une partie de l'œsophage apparaissant comme un mince canal dans la masse embryonnaire. L'auteur n'a pu trouver aucune trace de bourrelets ventraux. Plus tard la forme d'œuf disparaît, la région céphalique faisant fortement saillie. L'embryon, dans cette phase, est entouré d'une membrane fœtale qui est peut-être différente de la membrane vitelline d'autrefois. Les éléments du vitellus de nutrition prennent une disposition radiaire dans la région thoracique sans qu'il se forme de sac vitellin; dans une phase subséquente les rames se détachent de la surface de l'embryon; la tête s'étrangle plus nettement; l'abdomen commence à former une proéminence conique dans la région postérieure. De légères traces d'articulation se montrent à l'abdomen et dans la région mandibulaire. A ce moment apparaît le premier rudiment du système nerveux céphalique. Le soulèvement des rames laisse apercevoir un petit amas de nucléus dans un plasma homogène. C'est le premier indice de l'ovaire.

Digitized by Google

Le bouclier céphalique apparaît comme un épaississement de la peau de la nuque, le bouclier thoracique comme une duplicature verruciforme de la peau du segment mandibulaire. Tous les organes ainsi indiqués subissent un accroissement notable jusqu'à l'époque où le jeune individu quitte l'utérus. Nous laisserons de côté tout ce qui concerne le développement post-embryonnaire.

La comparaison de l'ovologie des Cladocères avec celle d'autres animaux, principalement des insectes, fournit à M. Müller des résultats importants. Les recherches de MM. Ganin, Leuckart et Mecznikow sur les *pseudova* des Cécidomyes vivipares, fournissent des résultats à peu près identiques avec ceux que l'étude de l'ovaire du genre Holopedium, par exemple, a révélés à M. Müller. Dans les deux cas, l'ovaire se montre d'abord immédiatement sous la peau de l'abdomen, sous la forme d'un sac membraneux, renfermant un petit nombre de vésicules nucléées qui nagent dans un plasma homogène. Plus tard, le sac s'allonge dans l'intérieur de la cavité du corps, tandis que le nombre des vésicules augmente. Ce nombre une fois devenu très-considérable, on voit se manifester dans le plasma des divisions dont le résultat est la formation de groupes de vésicules entourés d'une certaine quantité de plasma. Dans chacun de ces groupes se scinde plus tard une masse vitelline autour d'une seule des vésicules. A mesure que le vitellus s'accroît, le plasma qui entourait les autres vésicules disparaît; ces dernières s'atrophient du reste complétement; le vitellus occupe l'espace rempli précédemment par l'amas de cellules, et la vésicule autour de laquelle il s'est formé lui-même, disparaît également. Il y a bien entre le cas des Cécidomyes et celui des Cladocères une certaine dissemblance dont il ne faut pourtant pas s'exagérer la portée. Chez les larves de Cécidomyes, le plasma ne s'isole pas nettement autour de chacune des vésicules nucléaires, comme cela a lieu chez les Cladocères. En outre, la membrane de l'ovaire persiste chez les Cladocères,

Digitized by Google

tandis que, chez les larves de Cécidomyes, elle disparaît souvent, lorsque la division de son contenu en plusieurs masses a eu lieu.

Mais les ovaires des insectes parfaits présentent, dans une foule de cas, une ressemblance complète avec ceux de certains Cladocères. Compare-t-on, par exemple, l'ovaire de la *Leptodora hyalina* avec celui de la mouche domestique, on trouve que dans les deux cas ces organes s'étranglent autour de groupes de cellules, toutes semblables entre elles, et prennent par suite l'apparence d'un chapelet. Une disposition toute semblable à celle de l'ovaire des mouches, bien qu'étonnamment variée dans le détail, se retrouve, comme chacun sait, chez une grande quantité d'insectes et peut-être chez quelques myriapodes. Chez ces articulés, on voit pour chaque cellule ovarique qui se développe, un certain nombre d'autres cellules disparaître, cellules qui tantôt, comme chez la mouche, sont enfermées dans la même chambre que l'ovule, tantôt sont renfermées dans un espace à part, distinct pour chaque ovule ou commun pour tous. L'ovule des Cladocères trouve évidemment sa place dans cette série et les trois cellules qui s'atrophient pendant la genèse de l'œuf, ainsi que nous l'avons vu plus haut, sont évidemment de même ordre que les cellules vitellogènes (*Dotterbildungszellen* des Allemands) qui, chez les insectes, contribuent à la formation de l'œuf. Ces dernières sont accumulées, chez les insectes, en général à l'un des pôles de l'œuf, tandis que chez les Cladocères elles sont placées à chaque pôle. Mais cette différence n'a pas d'importance, puisque, selon M. Stein, les Carabes présentent à ce point de vue une disposition tout à fait semblable à celle des Cladocères. Les cellules vitellogènes subsistent souvent après leur résorption, à l'état de faibles vestiges qu'on a comparés à un *corpus luteum*. Chez les Cladocères, M. Müller n'a rien observé de semblable, mais il a vu toujours les trois cellules être absorbées complétement par l'œuf.

L'œuf des Cladocères peut donc être d'une part rapproché

Digitized by Google

des pseudova des larves de Cécidomyes, d'autre part, malgré une plus grande simplicité dans la genèse, des œufs proprement dits d'une foule d'insectes. Ils forment donc une sorte de chaînon intermédiaire entre ces deux formes de corps reproducteurs. M. Leuckart avait d'ailleurs déjà exprimé l'opinion que les pseudova des larves vivipares de diptères, sont produits de la même manière que les œufs de l'insecte parfait.

Dans son travail sur le développement des organes génitaux des Lépidoptères, M. Hermann Meyer a exprimé l'opinion que les corps, interprétés par M. Stein et ses successeurs comme des cellules vitellogènes, sont des germes d'œufs tout aussi bien que l'ovule proprement dit; seulement ces germes avorteraient, tandis que l'ovule subirait son développement ultérieur. M. Stein ne paraît pas avoir cherché à établir une homologie entre ces deux sortes d'éléments. M. Lubbock et M. Huxley ont bien concédé une grande ressemblance entre eux dans plusieurs cas, et MM. Claus, Weismann et Mecznikow ont démontré la similitude de leur genèse, mais l'opinion de M. Meyer a été néanmoins combattue par MM. Lubbock, Huxley et Weismann, et M. Bessels l'a déclarée catégoriquement *une erreur*. En revanche tous ces auteurs s'accordent sur les fonctions des cellules vitellogènes, fonctions exprimées par le nom même. Jusqu'à M. Müller, l'opinion de M. Meyer n'avait trouvé de défenseur positif que dans M. Leydig. L'étude des Cladocères semble parler aussi très-fortement en sa faveur. Elle montre une identité complète entre les cellules vitellogènes et les ovules, à partir du moment où tous ensemble forment un amas de vésicules parfaitement semblables dans un plasma transparent, jusqu'au moment où la formation du vitellus commence dans l'une des quatre cellules entièrement développées. Puis, il ne faut pas oublier que ce n'est pas constamment la même parmi ces quatre cellules qui se développe en œuf. On pourrait, il est vrai, utiliser contre cette manière de voir, la circonstance

Digitized by Google

que le plasma ovarique se scinde parfois autour des quatre vésicules en une masse unique, avant la formation des cellules isolées autour de chaque vésicule, de telle sorte qu'on a sous les yeux une sorte d'œuf pourvu de quatre vésicules germinatives. On pourrait en conclure que ces quatre cellules sont plus intimement liées entre elles que quatre germes d'ovules. Cependant il n'est pas possible d'accorder trop d'importance à ce fait, quand on voit, surtout chez les Daphnies, un bien plus grand nombre de vésicules avec le plasma ambiant, se détacher par étranglement du reste de la masse. Cet amas est destiné à fournir par division subséquente, les œufs de toute une ponte. Une objection plus sérieuse contre l'opinion de M. Meyer pourrait être tirée de ce fait, que chez certains Cladocères il se forme, sans doute aux dépens du protoplasma, une membrane d'enveloppe, commune pour l'ovule et ses cellules vitellogènes. Cette membrane ne se forme que dans les ovaires assez larges pour que plusieurs groupes de cellules trouvent place les uns à côté des autres, comme dans le genre Holopedium et chez les larves de Cécidomyes. Cependant admettre qu'une couche de plasma s'endurcit autour de quatre nucléus de cellules au lieu d'un seul, c'est se prononcer pour un phénomène moins étrange qu'un œuf composé de quatre cellules.

M. Müller a vu l'ovaire, déjà chez l'embryon, sous la forme d'un petit amas de nucléus dans un plasma transparent. A sa première origine, cet organe, par sa place et son apparence, se montre être une cellule du blastoderme dont le nucléus s'est plusieurs fois divisé. La formation des œufs se réduit donc au fractionnement du nucléus et du plasma de cette cellule blastodermique primitive. M. Mecznikow a fait des observations très-semblables sur la première apparition de l'ovaire chez les Aphides et les larves de Cécidomyes. N'est-il pas frappant que ces différentes observations sur la formation de l'ovaire aux dépens de la métamorphose d'une cellule blastodermique, aient été faites chez des groupes d'a-

Digitized by Google

nimaux où la reproduction a lieu sans fécondation ? Mais cette particularité doit s'expliquer, sans doute, par la circonstance que, chez ces êtres, l'ovaire se forme beaucoup plutôt que chez d'autres. Dans tous les cas, il résulte de ce qui précède que la désignation de « glande sexuelle sécrétant des germes » ne convient point à l'ovaire des Cladocères. La paroi membraneuse de cet organe doit être considérée comme une enveloppe formée autour d'une masse plastique dérivée de l'œuf. L'ovaire semble n'avoir pour fonction que de laisser passer, par diffusion à travers ses parois membraneuses, les liquides nécessaires à la nutrition des éléments cellulaires renfermés dans l'intérieur. Aussi longtemps qu'a régné seule dans la science l'opinion de Ramdohr, de Liévin et d'autres, que les œufs d'été et les œufs hibernants, c'est-à-dire les œufs fécondés et les œufs non fécondés sont produits par les mêmes générations de Cladocères, on pouvait rapprocher, avec MM. de Siebold et Leuckart, le mode de reproduction de ces Crustacés de celui des Psychides et des Coccides, c'est-à-dire en faire un cas de parthénogénèse. M. Lubbock constata le premier, d'une manière très-positive, que les mêmes individus produisent les deux espèces d'œufs. Mais il chercha, en outre, à montrer qu'il n'y a point de différence essentielle entre ces deux sortes de corps reproducteurs. Il conclut bien que le mode de reproduction des Cladocères est un cas de parthénogénèse, mais il croit néanmoins faire résulter de ses observations qu'il n'y a pas de ligne de démarcation nette entre les œufs et les bourgeons. Au contraire, M. Leydig a cru trouver une différence profonde entre les œufs d'été et les œufs hibernants ; il considère les premiers comme des bourgeons internes et les seconds comme des œufs, de telle sorte que le mode de reproduction est pour lui un exemple de génération alternante. M. Müller montre aujourd'hui que les deux sortes d'œufs présentent une genèse semblable. Leur croissance dans les ovaires présente aussi les mêmes phénomènes dans ses grands traits.

Digitized by Google

La formation et la croissance du vitellus, la disparition de la vésicule germinative, la résorption des cellules vitellogènes, tous ces phénomènes ont lieu de la même manière dans les deux formes d'œufs. En revanche, dès le commencement de la formation du vitellus, il se manifeste dans la composition du vitellus de nutrition des différences constantes, selon que l'ovule doit devenir un œuf estival ou un œuf hibernant. Dans le premier cas, le vitellus renferme une goutte d'huile orangée, qui fait défaut dans le second, et le vitellus des œufs hibernants est souvent plus grand et plus sombre que celui des œufs estivaux. Mais il est clair que ces différences ne sont pas de nature à éloigner l'une des formes d'œufs plus que l'autre de la forme de l'ovule typique.

Pour M. Müller, les Cladocères ont deux espèces d'*œufs*, destinés à se développer dans des circonstances différentes. Chacune de ces formes d'œufs a, pour ainsi dire, sa biologie particulière, ce qui entraîne des exigences différentes quant à la nature du vitellus de nutrition et des membranes d'enveloppe. Mais ces éléments n'ont qu'une importance secondaire pour l'œuf et il n'est pas difficile de comprendre que, malgré les différences qu'ils présentent, les parties essentielles de l'œuf peuvent parcourir, dans les deux formes, la même série typique de phénomènes d'évolution. Cette manière de voir n'explique point la signification de la fécondation pour les œufs hibernants et de l'absence de fécondation pour les œufs estivaux. Mais cela n'en diminue point la légitimité, eu égard à l'état incertain de la science actuelle, dans la question de fécondation.

Le mode de reproduction des Cladocères a souvent été comparé à celui des Aphides, et non sans raison. Il résulte des recherches de MM. Leuckart et Huxley que la nature du blastogène et l'apparence des germes, chez ces insectes, sont, durant les premiers stades, parfaitement semblables à l'ovaire et aux œufs des Cladocères. Les phénomènes qui sont communs au mode de propagation des Aphides et à celui

Digitized by Google

des Cladocères sont les suivants : Il existe dans les deux cas deux sortes de corps reproducteurs dont l'un est fécondé et l'autre pas ; ces corps ont une même genèse et les phases de leur développement sont semblables, mais il y a une grande différence dans la marche de leur développement, différence préparée dans le corps reproducteur lui-même, longtemps avant qu'aucune fécondation soit possible, et qui apparaît, soit dans les éléments secondaires de l'œuf (vitellus de nutrition et membranes d'enveloppe), soit dans l'époque de l'évolution. En face d'une similitude si frappante, la circonstance que les pseudova des Aphides se développent au sein de la mère et les œufs estivaux des Cladocères au dehors, n'a qu'une importance fort secondaire.

En revanche, il y a une différence entre les Aphides et les Cladocères, en ce sens que chez les premiers les deux espèces de corps reproducteurs sont engendrés par des générations différentes, tandis qu'ils sont produits par une seule et même génération chez les Cladocères comme chez les Coccides. Le mode de reproduction des pucerons semble donc appartenir à la génération alternante et celui des daphnoïdes à la parthénogenèse. Mais il ne s'agit point d'une parthénogenèse franche, témoin la présence de ces deux espèces de corps reproducteurs qui lient étroitement la reproduction des Cladocères avec celle des Aphides. Les phénomènes reproducteurs présentés par ces petits crustacés oscillent donc entre la parthénogenèse et la métagenèse et montrent qu'il n'y a pas entre ces deux modes de génération une distinction aussi profonde qu'on est en général disposé à l'admettre.

Bien que nous ne puissions pas entrer dans l'examen de la partie strictement zoologique des travaux de M. Müller, nous dirons cependant quelques mots de la liaison remarquable que ce savant a constatée entre la forme des Cladocères et le genre de vie de ces crustacés. MM. Lilljeborg et G.-O. Sars ont déjà montré qu'il existe dans les lacs une série de Cladocères de pleine eau, comparable à la faune pélagique de

Digitized by Google

la mer. Toutes ces formes ont quelque chose de commun. Elles sont toutes plus ou moins hyalines, et présentent certaines particularités d'organisation qui en font d'excellents nageurs, mais qui les mettent hors d'état de s'approcher des corps solides. Ces Cladocères de pleine eau ont tous une tendance à développer des organes servant de balancier pour maintenir l'équilibre, organes qui rappellent les singulières épines des larves de Décapodes brachyones. La case gélatineuse, décrite par M. G.-O. Sars comme entourant le corps de l'*Holopedium gibberum*, rentre dans cette catégorie, bien que M. Sars lui ait accordé assez d'importance pour fonder sur elle une famille à part. Que les Cladocères de pleine eau soient incapables de se mouvoir au milieu d'objets solides, c'est ce qui résulte du faible développement du dernier segment caudal. Cette région n'est plus, chez les Polyphémides, qu'un simple rudiment. Chez les Bosmina et les Daphnies de pleine eau, où la queue conserve sa forme typique, elle est du moins faible et à peine chitinisée.

Tout à l'opposé des formes de pleine eau, sveltes et transparentes comme du verre, les formes qui habitent près du fond ou du rivage, sont opaques, lourdes, dépourvues d'appendices épineux et d'autres balanciers. L'organe le plus important pour la locomotion sur le sol, c'est la queue, qui peut être organisée de deux manières différentes. Chez les Sidinides et les Daphnides, elle est moins fortement chitinisée, courte et mue par des muscles qui pénètrent à l'intérieur, aussi bien les extenseurs que les fléchisseurs. Chez les Lyncéides, la disposition est tout autre : immédiatement en avant des soies caudales, se trouve une crête chitineuse dure qui limite le dernier segment caudal, et qui sert de point d'attache à tous les extenseurs. La queue joue donc en quelque sorte le rôle d'un instrument auquel s'applique la force motrice, plutôt que celui d'un organe proprement dit, puisqu'elle ne renferme aucun muscle (sauf pourtant un ou deux faibles fléchisseurs qui y pénètrent). Cette disposition, unie à la lour-

Digitized by Google

deur de la forme et à la dureté de l'enveloppe chitineuse, donne à la locomotion des Lyncéides, à l'aide de la queue, une rapidité et une force extraordinaire. Ces Cladocères se servent de leur queue, tantôt comme d'un ressort pour le saut (Camptocercus), tantôt comme d'un point d'appui pour se creuser un chemin dans la vase (Alona). Cette structure de la queue est si caractéristique des Lyncéides, qu'on est en droit de s'étonner en la voyant reparaître chez le mâle d'une espèce de pleine eau, la *Bosmina diaphana;* mais ici elle paraît devoir jouer un rôle dans l'accouplement.

Il existe une série de formes appartenant à la famille des Daphnides, qui présentent la queue musculeuse caractéristique de cette famille, mais qui sont néanmoins capables de gouverner au milieu d'objets solides comme les Lyncéidés. Ce sont les Cladocères pour lesquels M. Sars a formé la famille des Lyncodaphnides. Comme chez tous les autres Cladocères à queue semblablement conformée, cet organe n'est qu'un instrument de motion très-imparfait; toutefois ce défaut est suppléé par un développement extraordinaire de l'une ou même de toutes les soies des rames antennaires, soies dont les cils sont transformés en épines chitineuses. — Entre les formes de pleine eau et les formes côtières il existe d'ailleurs certaines formes intermédiaires. E. C.

Digitized by Google

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE MARS 1870.

Le 2, gelée blanche le matin, minimum + 2°,0.

3, forte rosée le matin, et faible gelée blanche à 7 h. : à 7 1/2 h. du matin, il se forme un brouillard intense, qui dure jusqu'à 11 h.

4, neige sur les montagnes des environs.

6, 7 et 8, assez forte bise, qui tombe dans la soirée du 8.

10, belle couronne lunaire dans la soirée.

14, il a un peu neigé dans la nuit précédente, hauteur 5mm ; la bise se lève vers 10 h. du matin et souffle avec force jusqu'au lendemain à la même heure.

15, faible halo solaire dans la journée, et halo lunaire dans la soirée : à 10 h. belle couronne lunaire.

16, halo solaire de midi à 3 1/2 h., de midi 1/4 à 1 h. il a été très-brillant : couronne lunaire dans la soirée.

19, forte bise depuis midi, surtout dans la nuit suivante.

21, gelée blanche le matin.

22, halo solaire de 10 1/4 h. à 11 h.

27, gelée blanche le matin ; halo solaire à 10 1/4 h. La bise se lève dans la matinée, vers 10 h., et elle souffle avec force jusqu'au 1 avril à la même heure.

Digitized by Google

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

		mm
Le 1 à 10 h. matin	.....	729,85
6 à 8 h. matin	.....	724,74
8 à 8 h. soir	.....	725,89
15 à 10 h. matin	.....	730,30
21 à 8 h. matin	.....	732,46
24 à 10 h. soir	.....	723,95
28 à 10 h. matin	.....	726,93

MINIMUM.

		mm
Le 3 à 5 h. soir	.....	718,25
7 à 4 h. après midi	.....	722,86
13 à 4 h. après midi	.....	717,26
18 à 6 h. matin	.....	724,94
23 à 8 1/2 h. matin	.....	720,94
26 à 4 h. après midi	.....	717,52
29 à 4 h. après midi	.....	721,26

Digitized by Google

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du sol. Midi.	Temp. du sol. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°		cm.
1	729,23	+ 3,61	+ 7,33	+4,50	+ 1,5	+15,8	6,02	+1,53	784	— 4	510	990	...	...	variable	0,30	5,8	+ 0,4	73
2	726,75	+ 1,18	+ 5,59	+2,64	+ 2,0	+ 9,3	6,32	+1,81	924	+139	820	980	...	...	N. 1	0,87	5,9	+ 0,4	72
3	720,47	— 5,05	+ 5,95	+2,89	+ 1,1	+11,0	6,26	+1,73	892	+110	680	1000	...	...	variable	0,61	6,0	+ 0,5	74
4	719,67	— 5,80	+ 6,83	+3,65	+ 5,5	+ 9,7	6,67	+2,12	917	+138	820	980	9,0	9	variable	0,86	6,5	+ 1,0	74
5	723,04	— 2,38	+ 7,34	+4,04	+ 4,6	+11,8	6,04	+1,47	811	+ 35	590	950	0,1	1	SSO. 1	0,68	6,4	+ 0,8	75
6	724,37	— 1,00	+ 2,77	—0,65	+ 1,8	+ 5,4	4,55	—0,04	833	+ 60	750	840	...	...	NNE. 2	1,00	—	—	76
7	723,16	— 2,15	+ 1,52	—2,02	+ 0,2	+ 2,5	4,12	—0,49	823	+ 53	780	830	...	...	NNE. 2	1,00	5,2	— 0,5	80
8	724,64	— 0,61	+ 2,52	—1,14	+ 1,2	+ 3,9	3,72	—0,90	701	— 67	620	750	...	...	NNE. 2	1,00	5,2	— 0,5	80
9	724,69	— 0,50	+ 3,18	—0,60	+ 0,1	+ 7,2	3,97	—0,66	706	— 60	570	820	...	...	N. 1	0,54	5,8	0,0	79
10	723,29	— 1,84	+ 2,83	—1,07	+ 0,6	+ 6,2	3,63	—1,01	666	— 98	480	800	...	...	NNE. 1	0,73	5,8	0,0	78
11	721,92	— 3,15	+ 1,76	—2,26	— 2,4	+ 6,5	4,00	—0,65	782	+ 20	580	1000	0,7	2	S. 1	0,92	5,7	— 0,1	77
12	718,87	— 6,14	+ 3,66	—0,49	+ 0,7	+ 7,7	3,89	—0,77	674	— 86	510	860	...	..	S. 1	0,87	5,8	— 0,1	74
13	718,40	— 6,55	+ 3,56	—0,72	+ 0,2	+ 7,7	3,01	—1,66	533	—225	370	770	...	...	variable	0,36	—	—	77
14	725,53	+ 0,64	+ 0,87	—3,53	— 1,2	+ 4,5	3,55	—1,13	755	— 1	530	890	0,3	1	N. 3	0,24	6,1	+ 0,1	82
15	729,64	+ 4,80	+ 1,20	—3,33	— 2,5	+ 5,7	3,00	—1,69	632	—122	370	860	...	...	N. 1	0,37	5,0	— 1,1	79
16	728,83	+ 4,02	+ 2,59	—2,07	— 4,0	+ 7,0	3,77	—0,94	679	— 73	460	900	...	...	variable	0,72	5,3	— 0,9	76
17	726,58	+ 1,80	+ 6,17	+1,39	+ 4,0	+ 9,3	7,01	+2,28	993	+243	900	1000	19,6	19	variable	0,99	5,7	— 0,5	77
18	725,41	+ 0,66	+ 6,80	+1,89	+ 6,1	+10,0	7,00	+2,25	963	+215	830	990	1,3	3	variable	0,94	5,9	— 0,4	76
19	727,90	+ 3,18	+ 6,20	+1,16	+ 4,6	+ 8,8	5,64	+0,87	811	+ 65	710	850	...	...	NNE. 2	0,79	5,8	— 0,6	78
20	730,98	+ 6,29	+ 5,34	+0,17	+ 3,6	+ 8,4	4,41	—0,39	686	— 58	490	780	...	...	NNE. 2	0,43	—	—	78
21	731,54	+ 6,88	+ 4,88	—0,42	— 0,2	+ 9,4	4,25	—0,58	667	— 75	520	840	..	...	N. 1	0,84	6,5	0,0	78
22	726,87	+ 2,24	+ 6,80	+1,37	+ 1,8	+12,8	5,02	+0,16	692	— 48	410	840	0,8	1	S. 1	0,88	6,8	+ 0,2	78
23	721,68	— 2,92	+ 3,17	—2,39	— 1,3	+ 7,7	4,07	—0,82	742	+ 4	520	930	0,7	2	variable	0,82	6,6	— 0,1	78
24	722,99	— 1,58	— 0,48	—6,17	— 1,8	+ 2,0	3,11	—1,81	726	— 10	610	820	...	...	NE. 2	0,54	5,3	— 1,4	78
25	721,32	— 3,22	+ 0,69	—5,13	— 3,9	+ 4,4	3,11	—1,84	683	— 51	420	880	...	...	NNE. 1	0,20	5,7	— 1,1	80
26	718,27	— 6,24	+ 4,17	—1,79	0,0	+ 8,6	4,06	—0,92	663	— 69	480	760	...	...	NNE. 1	0,56	6,2	— 0,7	78
27	724,07	— 0,41	+ 3,42	—2,67	0,0	+ 6,8	3,81	—1,20	667	— 63	520	830	...	...	NNE. 3	0,67	—	—	79
28	726,65	+ 2,19	+ 2,99	—3,24	+ 2,0	+ 4,3	3,54	—1,50	649	— 79	540	730	...	...	NNE. 3	0,98	5,7	— 1,3	80
29	721,93	— 2,51	+ 2,02	—4,34	+ 1,0	+ 4,0	3,52	—1,55	689	— 37	550	780	...	...	NNE. 3	0,89	4,9	— 2,2	82
30	722,92	— 1,50	+ 2,18	—4,31	+ 0,9	+ 3,8	3,45	—1,65	662	— 63	560	710	...	...	N. 2	1,00	4,7	— 2,4	82
31	723,54	— 0,87	+ 3,32	—3,31	+ 1,9	+ 4,1	4,20	—0,93	720	— 4	680	730	...	...	NNE. 2	1,00	4,8	— 2,4	82

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	724,00	724,38	724,40	724,14	723,62	723,33	723,61	723,99	724,06
2e »	725,23	725,69	725,88	725,72	725,23	724,88	725,16	725,69	725,92
3e »	723,89	724,04	724,04	723,80	723,54	723,48	723,74	723,96	723,94
Mois	724,36	724,69	724,75	724,53	724,11	723,88	724,16	724,52	724,62
Température.									
	°		°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+ 2,70	+ 3,05	+ 5,06	+ 6,29	+ 7,25	+ 7,28	+ 5,70	+ 4,90	+ 3,88
2e »	+ 1,34	+ 2 32	+ 4,16	+ 5,42	+ 6,00	+ 6,21	+ 5,36	+ 4,57	+ 4,04
3e »	+ 1,17	+ 2,18	+ 3,88	+ 4,81	+ 4,97	+ 4,60	+ 3,83	+ 3,26	+ 2,95
Mois	+ 1,72	+ 2,50	+ 4,35	+ 5,49	+ 6,04	+ 5,98	+ 4,92	+ 4,21	+ 3,60
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,97	5,01	5,23	5,31	5,34	5,42	5,11	5,10	5,15
2e »	4,57	4,49	4,50	4,71	4,54	4,61	4,58	4,59	4,64
3e »	3,89	3,92	3,87	3,82	3,80	3,80	3,96	3,93	3,93
Mois	4,46	4,46	4,51	4,59	4,53	4,58	4,53	4,52	4,55
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	882	867	786	735	685	701	730	766	833
2e »	884	808	716	686	636	638	669	707	746
3e »	779	721	632	595	585	593	652	674	688
Mois	846	796	709	669	634	642	683	714	754

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	cm
1re décade	+ 1,86	+ 8,28	0,76	5,84	9,1	76,1
2e »	+ 0,91	+ 7,56	0,66	5,66	21,9	77,4
3e »	+ 0,04	+ 6,17	0,76	5,72	1,5	79,5
Mois	+ 0,91	+ 7,30	0,73	5,74	32,5	77,7

Dans ce mois, l'air a été calme 3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 4,94 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 12°,3 E., et son intensité est égale à 88,0 sur 100.

Digitized by Google

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MARS 1870.

Le 3, brouillard le soir.
4, id. tout le jour.
5, id. depuis 6 h. du soir.
7, id. le matin et le soir.
10, id. depuis 8 h. du matin.
11, id. la plus grande partie de la journée.
12, id. tout le jour.
13, id. depuis 8 h. du soir.
14, id. jusqu'à 2 h. de l'après-midi.
17, 18, id. toute la journée.
19, id. de 4 h. à 6 h. du soir.
20, id. le matin et le soir.
21, id. une grande partie de la journée.
22, id. de 6 h. à 8 h. du matin et de 4 h. à 6 h. du soir. La neige tombée n'a pu être mesurée.
23, id. depuis 2 h. de l'après-midi à 6 h. du soir.
24, id. jusqu'à midi.
25, id. jusqu'à 8 h. du matin.
29, id. le matin et le soir.
30, id. jusqu'à 4 h. de l'après-midi.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM

	mm
Le 1 à 10 h. soir	567,42
5 à 10 h. soir	559,94
8 à 10 h. soir	558,94
16 à 10 h. soir	563,23
20 à 8 h. soir	564,53
28 à midi	560,10

MINIMUM.

	mm
Le 4 à 4 h. après midi	556,55
7 à 10 h. soir	556,25
14 à 6 h. matin	551,82
18 à 10 h. matin	560,32
24 à 8 h. matin	551,05
29 à 4 h. après midi	554,32

Digitized by Google

SAINT-BERNARD. — MARS 1870.

Jours du mois	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.		
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim			
1	566,61	+ 6,92	565,55	567,42	— 3,10	+ 5,13	— 4,2	+ 0,5	.....	.....	....	SO. 1	0,11
2	565,71	+ 6,03	564,49	566,82	— 0,27	+ 7,90	— 2,7	+ 3,5	.....	.....	....	SO. 1	0,53
3	560,87	+ 1,19	559,79	561,89	— 1,53	+ 6,58	— 5,8	+ 2,7	.....	.....	....	SO. 1	0,42
4	557,36	— 2,31	556,55	558,54	— 4,85	+ 3.20	— 5,7	— 2,9	100	12,0	6	SO. 1	0,97
5	559,15	— 0,52	557,67	559,94	— 5,25	+ 2,74	— 8,3	— 1,4	14	1,1	2	NE. 1	0,52
6	558,62	— 1,04	558,11	559,22	— 5,67	+ 2,25	— 8,7	— 2,2	.....	.....	....	variable	0,13
7	556,41	— 3,25	556,25	556,94	— 7,24	+ 0,61	— 8,4	— 3,4	.....	.....	....	variable	0,56
8	557,90	— 1,76	556,25	558,94	— 6,15	+ 1,63	— 8,8	— 3,2	.....	.....	....	NE. 1	0,21
9	558,07	— 1,60	557,79	558,37	— 7,20	+ 0,51	— 8,8	— 4,4	.....	.....	....	NE. 1	0,01
10	555,52	— 4,15	555,18	556,00	—11,37	— 3,73	—12,2	— 8,8	.....	.....	....	NE. 1	0,89
11	554,08	— 5,60	553,25	554,91	—11,74	— 4,18	—11,8	— 9,8	.....	.....	....	NE. 1	0,89
12	552,23	— 7,46	552,15	552,41	—11,34	— 3,86	—12,0	— 9,0	.....	.....	....	NE. 1	0,96
13	552,17	— 7,53	551,91	552,60	—10,95	— 3,55	—11,8	— 8,2	.....	.....	....	NE. 1	0,31
14	555,40	— 4,31	551,82	558,06	—14,61	— 7,29	—17,5	—11,4	.....	.....	....	NE. 3	0,69
15	560.80	+ 1,07	559,39	561,70	—10,22	— 2,99	—15,0	— 6,2	.....	.....	....	NE. 1	0,06
16	562,53	+ 2,78	561,70	563,23	— 5,73	+ 1,41	— 8,2	— 2,5	.....	.....	....	NE. 1	0,58
17	561,98	+ 2,21	561,22	562,37	— 3,21	+ 3,84	— 3,8	— 1,8	.....	.....	....	NE. 2	0,88
18	560,95	+ 1,16	560,32	562,18	— 4,65	+ 2,31	— 5,3	— 2,4	.....	.....	....	NE. 2	0,87
19	562.42	+ 2,60	561,86	563,36	— 5,66	+ 1,21	— 7,6	— 3,2	.....	.....	....	NE. 1	0,51
20	563,69	+ 3,84	562,93	564.53	— 7,14	— 0,37	— 8,3	— 4,0	.....	.....	....	NE. 1	0,92
21	563,84	+ 3,96	563,65	564,25	— 7,24	— 0,57	— 8,7	— 4.4	.....	.....	....	NE. 2	0,63
22	561.02	+ 1,11	559,77	562,55	— 7,08	— 0,51	— 8,2	— 4,3	.....	.....	....	NE. 1	0,87
23	554,43	— 5,51	552,31	557,05	— 5,51	+ 0,96	— 7,4	— 1,2	20	5,3	7	NE. 1	0,97
24	551.74	— 8,24	551,05	552,90	—17,91	—11,54	—19,0	—15,4	.....	.....	....	NE. 3	0,61
25	552.48	— 7,54	551,85	553,73	—15,45	— 9,19	—19,7	—12,8	.....	.....	....	NE. 2	0,27
26	554,04	— 6,02	553,54	555,16	— 7,21	— 1,05	—11,0	— 3,5	.....	.....	....	SO. 1	0,02
27	558,10	— 2,00	555,44	559,95	— 6,86	— 0,81	—10,7	— 3,6	.....	.....	....	SO. 1	0,48
28	559,49	— 0,66	558,74	560,10	— 3,92	+ 2,02	— 7,2	+ 1,0	.....	.....	....	NE. 1	0,10
29	554,60	— 5,60	554,32	555,25	— 9,55	— 3,72	—12,2	— 5,7	20	6,2	8	NE. 1	0,88
30	556,08	— 4,17	554,85	557,02	— 8,42	— 2,70	—10,6	— 4,6	.....	.....	....	SO. 1	0,60
31	556,85	— 3,45	556,11	557,69	— 5,47	+ 0,13	—10,0	— 1,3	.....	.....	....	SO. 1	0,60

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1870.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	559,69	559,84	559,97	559,97	559,67	559,53	559,52	559,52	559,52
2e »	558,00	558,26	558,53	558,73	558,68	558,70	558,82	559,20	559,31
3e »	556,46	556,52	556,60	556,68	556,61	556,62	556,71	556,91	556,97
Mois	558,00	558,15	558,31	558,40	558,26	558,23	558,30	558,49	558,54

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	— 6,34	— 5,67	— 3,91	— 2,49	— 2,48	— 3,52	— 5,36	— 6,44	— 6,50
2e »	— 9,51	— 8,56	— 7,46	— 6,60	— 6,29	— 6,83	— 8,53	— 8,78	— 9,50
3e »	—10,87	— 9,15	— 7,52	— 6,64	— 5,30	— 6,62	— 8,35	— 9,13	— 9,19
Mois	— 8,97	— 7,84	— 6,34	— 5,29	— 4,71	— 5,69	— 7,44	— 8,15	— 8,42

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade	— 7,36	— 1,96	0,44	13,1	114
2e »	—10,13	— 5,85	0,67	0,0	0
3e »	—11,34	— 5,07	0,55	11,5	40
Mois	— 9,66	— 4,32	0,55	24,6	154

Dans ce mois, l'air a été calme 7 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,73 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° E., et son intensité est égale à 65,6 sur 100.

* Voir la note du tableau.

Digitized by Google

Digitized by Google

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXXVII (NOUVELLE PÉRIODE)

1870. — Nos 145 à 148.

Pages

Notice sur la cinquième année des observations thermométriques et pluviométriques suisses, ainsi que sur les résultats des cinq années sous le rapport du décroissement de la température avec la hauteur, par M. le professeur *Gautier*. 5

Note sur les anciens glaciers du plateau central de la France, par M. *Ed. Collomb* 24

Notice historique et descriptive sur trois espèces de grenouilles rousses observées en Europe, par M. *V. Fatio*. 33

De l'existence de l'homme à l'époque tertiaire. . . 97

Note sur les ossements humains trouvés dans le pliocène inférieur de Savone, par M. le Dr *E.-T. Hamy* 112

Note sur la craie de la Galicie orientale, par M. *Ernest Favre*. 118

Sur l'illumination des corps transparents, par M. *J.-L. Soret* 129

Sur la polarisation et la couleur bleue de la lumière réfléchie par l'eau ou par l'air, par M. le professeur *Ed. Hagenbach* 176

Digitized by Google

Pages

Observations sur la Note précédente, par M. *J.-L. Soret*. 180
Recherches thermochimiques, par M. *Jul. Thomsen*. 201
Note sur la variété rouge de l'Ecrevisse commune, *Astacus fluviatilis* (rondelet), par M. *Godefroy Lunel*. 207
Évaporation du sol et des plantes, par M. *Eugène Risler*. 214
De la poussière qui flotte dans l'atmosphère, par M. *A. de la Rive* 229
Revue des travaux relatifs à la géologie et à la paléontologie de la Suisse pendant l'année 1869, par *M. Ernest Favre* 289
Note sur les Cladocères des grands lacs de la Suisse, par M. *P.-E. Müller*. 317
Recherches thermochimiques, par M. *Jul. Thomsen*. 341

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

Le Sidérostat de Léon Foucault..... 50

PHYSIQUE.

K. Schultz-Sellack. De la diathermanéité d'une série de corps pour la chaleur obscure..... 54
J.-C. Poggendorff. Sur une simplification apportée à la construction et à l'emploi de la machine à influence de Holtz, premier modèle..... 58
G. Magnus. Variations qu'éprouve l'intensité du rayonnement calorifique d'un corps avec le degré de poli de sa surface 64
Action du magnétisme sur les gaz..... 182
M.-F. Hugueny. Sur le coup de foudre de l'île du Rhin, près Strasbourg..... 184

Digitized by Google

Pages

J.-C. Poggendorff. Du pouvoir électrique des pointes... 187
E.-H. Vierth. Vibrations des lames d'air comparées à celles des plaques solides 190
L. Dufour. Note sur la différence entre la pluie et l'évaporation observée à Lausanne..... 243
J.-N. Lockyer. Remarques sur l'éclipse récente du soleil telle qu'elle a été observée aux États-Unis.... 252
F. Guthrie. Sur le rapprochement dû aux vibrations... 258
H. Knoblauch. Sur le passage de la chaleur rayonnante à travers le sel gemme et la sylvine..... 259
Spectres des gaz à différentes températures 262
J.-C. Poggendorff. Du déplacement de l'enveloppe lumineuse qui entoure l'électrode négative lors du passage de l'étincelle d'induction dans l'air raréfié..... 268
E. Warburg. De l'effet du son sur le magnétisme du fer 270
E. Frankland et *J.-N. Lockyer.* Recherches sur les spectres gazeux par rapport à la constitution physique du soleil, des étoiles et des nébuleuses..... 349

CHIMIE.

Th. Graham. Nouvelles recherches sur l'hydrogénium. 69
Julius Thomsen. Recherches thermo-chimiques; 2me partie: Sur les hydracides du chlore, du brome, de l'iode, du fluor et du cyanogène 73

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Cienkowski. Sur les Clathrulina, nouveau genre d'Actinophryens. — *Greeff.* Sur l'Act. Eichhornii et un nouveau Rhizopode d'eau douce. — *Le même.* Sur les radiolaires et leurs proches parents parmi les Rhizopodes d'eau douce. — *Focke.* Sur des radiolaires d'eau douce dépourvus de coque. — *Grenacher.* Remarques sur l'Acanthocystis viridis. — *Le même.* Sur l'Actinophrys Sol.—*Archer.* Sur des Rhizopodes d'eau douce nouveaux ou peu connus..... 76
Maurice Girard. Études sur la chaleur libre dégagée

Digitized by Google

Pages

par les animaux invertébrés, et spécialement les insectes 83

E. Mecznikow. Développement embryonnaire du Bothriocephalus proboscideus. 87

C.-Th. de Siebold. Sur la parthénogénèse chez le Polistes gallica..... 271

Félix Plateau. Recherches sur les crustacés d'eau douce de Belgique..... 351

P.-E. Müller. Les Cladocères du Danemark 357

Le même. Contribution à l'histoire de la reproduction des Cladocères..... 357

BOTANIQUE.

A. Millardet. Le Prothallium mâle des Cryptogames vasculaires 275

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

Observations faites pendant le mois de décembre 1869. 89

Idem. pendant le mois de janvier 1870... 193

Idem. pendant le mois de février..... 281

Idem. pendant le mois de mars..... 373

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Digitized by Google

GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT

Digitized by Google

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME TRENTE-HUITIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE
GEORGES BRIDEL
Place de la Louve, 1

PARIS
JOEL CHERBULIEZ
Rue de Seine, 33

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, H. GEORG, A BALE

1870

Digitized by Google

Digitized by Google

DE

L'ÉMISSION ET DE L'ABSORPTION

DES

DIFFÉRENTES ESPÈCES DE CHALEUR ÉMISES PAR RAYONNEMENT

A DE BASSES TEMPÉRATURES

PAR

G. MAGNUS[1].

(Mémoires de l'Académie des Sciences de Berlin, 1869.)

TRADUCTION.

Le Mémoire que nous reproduisons ici a été le dernier travail de G. Magnus; il l'a terminé après avoir été frappé déjà des premières atteintes de la longue et douloureuse maladie à laquelle il a succombé le 4 avril dernier. La science berlinoise, dont il était un des plus illustres représentants, fait en lui une perte considérable que ressentent bien vivement tous ceux qui ont connu de près ou de loin ce savant distingué. (*Réd.*)

Introduction.

Melloni[2] a admis que le sel gemme parfaitement limpide laisse passer toute la chaleur que reçoit sa surface

[1] Nous avons donné précédemment des extraits des deux notes préliminaires insérées par Magnus sur ce sujet dans les Comptes rendus mensuels de l'Académie de Berlin, *Archives*, 1869, tome XXXVI, p. 51 et 169. L'on peut voir sur le même sujet le résumé des objections formulées par M. Knoblauch contre la nouvelle théorie de Magnus, *Archives*, 1870, tome XXXVII, p. 259. (*Réd.*)

[2] *Thermochrose*, p. 166. — *Annales de Chimie*, LV, p. 355. — *Pogg. Annalen*, XXXV, p. 401.

Digitized by Google

et qui n'est pas réfléchie, et de plus qu'il laisse passer également bien toutes les différentes espèces de chaleur. MM. La Provostaye et Desains[1] ont contesté cette assertion, sur laquelle il a été beaucoup discuté[2]; mais Melloni a maintenu sa manière de voir et récemment M. Knoblauch[3], en s'appuyant sur de nouvelles expériences, a constaté son exactitude. D'après cela, le sel gemme laissant passer toutes espèces de chaleur, n'en absorbant par conséquent que très-peu ou point, se comporterait à l'égard de la chaleur comme une substance incolore, d'une transparence parfaite ou presque parfaite, se comporte à l'égard de la lumière. D'autre part, comme le pouvoir émissif d'un corps est égal à son pouvoir absorbant, il en résulterait que l'émission de la chaleur du sel gemme serait ou égale à zéro ou du moins très-faible. Cependant, en fixant une plaque de sel gemme de 5^{mm} d'épaisseur sur la surface polie d'un cube de fer-blanc maintenu à 100° par un courant de vapeur d'eau, le rayonnement a augmenté dans la proportion de 31 à 75, devenant ainsi 2 $^1/_2$ fois plus grand qu'avec le métal seul. Il était même plus considérable, puisque la température de la surface extérieure rayonnante du sel gemme était manifestement plus basse que celle du métal qui lui communiquait la chaleur. Ce résultat était très-surprenant. Car, comme les métaux ne laissent point passer de chaleur par rayonnement, à moins qu'il ne s'agisse d'une lame très-mince, et comme ils absorbent toute la chaleur qu'ils ne réfléchissent pas, on aurait dû s'attendre en tout cas à ce qu'ils émissent plus de chaleur rayonnante que

[1] *Comptes rendus*, XXXVI, p. 84.
[2] *Ibid.*, p. 713, 1073; XXXVII, p. 293, 599, 669.
[3] *Pogg. Annalen*, CXX. p. 177.

Digitized by Google

le sel gemme, qui d'après Melloni absorbe peu ou point de chaleur.

Au demeurant, cette expérience est d'une nature complexe, car on obtient la chaleur du sel réunie à celle du métal. Le résultat était en effet très-différent quand on plaçait la même plaque de sel devant la surface noircie du cube[1]. Dans ce cas la quantité de chaleur émise était moindre que par la surface noircie seule. Le sel gemme absorbe par conséquent une plus grande proportion de rayons émanant de la surface noircie, qu'il n'en émet lui-même ; tandis qu'il paraît laisser passer une plus grande proportion de la petite quantité de chaleur qui rayonne du métal poli que ce dernier n'en émet lui-même. Toutefois on verra plus tard que la plaque postérieure exerce encore une autre influence.

Quand on veut recueillir seulement la chaleur rayonnée par le sel gemme, il ne faut pas qu'il se trouve derrière lui un corps qui émette simultanément de la chaleur. Il y a longtemps que des expériences de ce genre ont été faites par M. Balfour-Stewart et décrites dans un mémoire intitulé : *An account of some experiments on radiant heat, involving an extension of Prevost's Theory of exchanges.* Ce mémoire a été lu à la Société royale d'Édimbourg le 15 mars 1858, et reproduit dans le vol. 22 des Transactions de cette Société. Lorsque plus tard les recherches de M. Kirchhoff sur le spectre solaire parurent dans les mémoires de l'Académie de Berlin, M. Balfour-Stewart publia de nouveau ses résultats, en les rapprochant des recherches de M. Kirchhoff, dans le *Report of the British Association for 1861*, p. 97.

[1] MM. de la Provostaye et Desains ont aussi fait des expériences avec le sel gemme superposé à du papier noir. (*Comptes rendus*, t. XXXVI, p. 84.)

Digitized by Google

M. Stewart chauffait les plaques dont il voulait examiner le rayonnement, dans une caisse de fer-blanc à doubles parois, entre lesquelles il mettait de l'eau bouillante, et qui était munie d'un double couvercle. A chaque expérience, il sortait la plaque et la fixait derrière un diaphragme de manière que le côté qui avait reposé sur le fond de la boîte envoyât sa chaleur rayonnante à travers le diaphragme sur la pile thermo-électrique.

On a lieu de s'étonner qu'un travail aussi intéressant par ses résultats et par les considérations théoriques qui y sont développées n'ait pas attiré l'attention autant qu'il me semble le mériter.

M. Tyndall a publié[1] en 1866 un mémoire sur la radiation et l'absorption, dans lequel il compare entre elles les quantités de chaleur qu'émettent les substances les plus diverses. Bien qu'il connût la méthode de M. Stewart, M. Tyndall a préféré appliquer les substances dont il voulait examiner le pouvoir rayonnant sous forme de poudres sur l'une des faces du cube, ce qu'il faisait en fixant les poudres, soit à l'aide d'une dissolution de soufre dans le sulfure de carbone, soit en les faisant adhérer par l'électricité.

Pour obtenir le rayonnement du sel gemme seul, il faut éviter, ainsi qu'on l'a déjà fait observer, de le fixer sur un autre corps. On ne peut donc pas l'employer à l'état de poudre. MM. de la Provostaye et Desains[2] ont trouvé, il est vrai, que le noir de fumée et le cinabre émettent des radiations calorifiques différentes, non-seu-

[1] *Philosophical Transactions* for 1866, p. 83. — *Archives*, 1866, t. XXVII, p. 317.

[2] *Comptes rendus*, t. XXXIV, p. 951. — *Poggend. Ann.*, t. LXXXVI, p. 464.

Digitized by Google

lement en quantité, mais aussi en qualité ; Melloni[1], au contraire, prétend qu'en poudre fine la chaux et le noir de fumée possèdent le même pouvoir rayonnant ; MM. Masson et Courtépée[2] ont même trouvé que tous les corps réduits en poudre suffisamment fine, comme le seraient des précipités chimiques, posséderaient le même pouvoir rayonnant que le noir de fumée. M. Tyndall[3] a toutefois fait remarquer, à l'égard de ces expériences, que l'égalité de rayonnement observée tient à ce que les poudres avaient été fixées sur la surface du cube à l'aide d'une dissolution de gomme, qu'après la dessication toutes les parties se trouvaient recouvertes d'une mince couche de gomme et que c'était cette dernière qui constituait réellement le corps rayonnant. Que cette remarque soit fondée ou non, il nous a paru nécessaire, dans les expériences qui suivent, d'éviter les poudres et d'employer les corps rayonnants sous la forme de plaques d'une pureté aussi grande que possible et parfaitement polies.

Description des expériences.

Les plaques étaient chauffées dans un courant d'air dans lequel elles étaient suspendues à l'aide de fils de platine minces, au-dessus d'un appareil disposé de la manière suivante. Une lampe à gaz composée d'un tube droit horizontal de 100^{mm} de longueur, *s* (Pl. I, fig. 1), percé de 50 petits trous et donnant issue à autant de flammes, laquelle fut remplacée plus tard par huit becs de Bunsen très-rapprochés, comme l'indique la figure 2 en *ss'*, servait

[1] *Thermochrose*, p. 98.
[2] *Comptes rendus*, XXV, p. 936.
[3] *Philos. Transactions*, for 1866, p. 85. — *Archives*, tome XXVI, p. 323.

Digitized by Google

à chauffer une tôle de fer, non étamée, de 24^{cent} de large, courbée selon la forme *dec* (fig. 1), placée au-dessus des flammes, de manière à ce que sa partie supérieure fût fortement chauffée et que les produits de la combustion dussent s'échapper de chaque côté. Au-dessus de cette tôle s'en trouvait une seconde de la même forme, de 18^{cent} de large seulement, et percée à la partie supérieure en *fg* d'une ouverture de 15^{mm} de largeur sur 60^{mm} de longueur. La distance entre les deux tôles était partout de 8^{mm}. L'air de la chambre pénétrait de tous côtés dans cet intervalle, y était échauffé et sortait par l'ouverture *fg* d'où il s'élevait perpendiculairement. Pour éviter le mélange des produits de la combustion avec l'air chaud qui s'élève, on avait donné des dimensions plus grandes à la tôle inférieure qui était immédiatement au-dessus des flammes, de façon à ce qu'elle dépassât de 3^{cent} de chaque côté la tôle supérieure.

Tout l'appareil était fixé sur un plateau qui portait en outre un support perpendiculaire *hk* muni d'un bras *h* horizontal et mobile, auquel étaient attachés les fils de platine *op* et *qr* qui portaient la plaque à chauffer *pr*, de telle façon qu'on pouvait placer cette dernière plus haut ou plus bas et exactement au-dessus de l'ouverture *fg*. A côté de la plaque et dans le même plan qu'elle, on avait adapté un thermomètre dans une position invariable, au-dessus de l'ouverture *fg*. Si l'on prend quelques précautions pour éviter les courants d'air dans la chambre où se trouve cet appareil de chauffage, qu'on pourrait appeler une *aérolampe*, le thermomètre arrivé à un certain degré ne varie que de quantités insignifiantes, et la plaque qui se trouve à côté acquiert une température si constante que le rayonnement sur la pile thermo-élec-

Digitized by Google

trique ne produit dans l'espace d'une heure qu'une variation d'une ou deux divisions sur la déviation du galvanomètre.

En avant et à 10^{cent} de distance de la plaque se place un double écran métallique AB, muni d'un diaphragme de 16^{mm} carrés, dont le centre se trouve sur la même horizontale que celui de la plaque. Entre la plaque et le diaphragme il y a en outre un second double écran FG sans diaphragme, que l'on écarte pendant l'observation. Pour en faciliter le déplacement, il est fixé à un fil de fer qui permet de l'élever ou de l'abaisser. Il est assez grand pour préserver l'écran à diaphragme de la chaleur produite par l'appareil de chauffage, et dans ce but il a fallu souvent à la fin des expériences le remplacer par un second écran tout semblable.

Entre la pile thermo-électrique et le premier diaphragme, et à 16^{cent} de distance de celui-ci, se trouve un second double écran CD avec un diaphragme pareil au premier. La pile munie de son cône est placée dans une cage de verre HIK qui présente une ouverture en avant de la base du cône. Ce dernier n'étant pas suffisamment garanti contre les mouvements de l'air, le tout était encore enveloppé d'une plus grande boîte en carton CDLM qui n'avait d'autre ouverture que celle du diaphragme du second écran CD formant un des côtés de la boîte.

Grâce aux deux diaphragmes, tous les rayons arrivaient parallèles sur la pile, dont la surface noircie se trouvait à 24^{cent} du second diaphragme *m*, et par conséquent à 50^{cent} de la plaque rayonnante. Comme les plaques employées dans ces expériences étaient beaucoup plus grandes que les diaphragmes, il n'était pas nécessaire qu'elles eussent

Digitized by Google

toutes la même dimension, car ce n'était que la chaleur de la partie centrale qui parvenait à la pile.

Le galvanomètre qui a été employé était celui qui a été décrit dans un précédent travail[1], avec aiguille double et miroir et dont la lecture s'effectuait à l'aide d'une lunette à 3 mètres de distance. Ainsi que je l'ai fait remarquer, on peut par ce procédé, et sans commettre une erreur sensible, admettre que les déviations sont proportionnelles aux quantités de chaleur.

Pendant ces expériences, la température du courant d'air qui servait à chauffer la plaque était ordinairement de 150° C. Quand il n'y avait pas de plaque suspendue dans ce courant d'air on n'observait pas la moindre élévation de température dans la pile. Même lorsqu'à l'aide d'un tube on dirigeait la vapeur dégagée par un matras d'eau bouillante entre les deux écrans de tôle *cde* et *fg*, ou lorsqu'on y plaçait des éponges imbibées d'eau, de manière à ce que le courant d'air ascendant contînt plus de vapeur qu'il n'était nécessaire pour le saturer, il n'en résultait point d'échauffement, ou le rayonnement était si faible qu'il n'était accusé que par une déviation du galvanomètre d'au plus 2^{mm}. Ce fait est une nouvelle preuve que l'air humide n'émet pas sensiblement plus de chaleur par rayonnement que l'air sec et par conséquent qu'il n'en absorbe pas non plus davantage.

Cette expérience met en évidence que, quand il y a une plaque dans le courant d'air produit par la lampe, l'échauffement de la pile n'est dû qu'à la plaque et non point à l'air chaud.

En premier lieu, on a comparé entre elles au point de

[1] *Poggend. Annalen*, CXVIII, p. 577. — *Archives*, 1863, t. XVIII, p. 53.

Digitized by Google

vue de l'intensité de leur rayonnement un certain nombre de plaques de substances différentes chauffées à la même température de 150° C. Voici les résultats obtenus :

Une plaque de métal (argent) noircie.			100
»	»	de verre de 2mm d'épaisseur.	64
»	»	de spathfluor de 10mm »	45,5
»	»	de sylvine de 3mm »	17
»	»	de sel gemme de 3mm »	13
»	»	d'argent de 1mm » polie. .	9,7

Après avoir fixé la plaque de sel gemme sur celle d'argent poli, le rayonnement des deux réunies, à la même température, était considérablement plus fort que la somme des rayonnements des deux plaques isolées : il atteignait 41 p. 100 de la chaleur émise par l'argent noirci. Cette grande augmentation ne pouvait provenir que de ce que la chaleur émise par la surface postérieure du sel gemme était réfléchie par la plaque d'argent et parvenait à la pile en traversant la plaque de sel gemme, dont la température était par cela même surélevée. La preuve que c'est bien ce qui arrive, c'est que si la plaque d'argent détachée de celle de sel gemme est placée en arrière à différentes distances, elle augmente encore de la même manière le rayonnement. Quand la distance des deux plaques était de plus de 100mm, la plaque d'argent ne s'échauffait pas du tout; elle n'agissait donc que par réflexion. La plaque d'argent étant noircie et placée à la même distance, la quantité de chaleur émise par le sel gemme était bien encore dans ce cas plus grande que lorsque la plaque d'argent était supprimée; mais l'augmentation produite par la plaque noircie était beaucoup plus

Digitized by Google

faible que celle que donne la plaque polie, ce qui prouve que la surface métallique contribue à l'échauffement par la réflexion.

On voit par là combien il importe, dans des expériences sur le rayonnement des substances diathermanes, de prendre les précautions nécessaires pour éviter autant que possible toute réflexion.

D'après cela, l'augmentation précédemment obtenue dans le rayonnement d'une plaque de sel gemme en l'applicant sur la surface polie du cube, était une conséquence de la réflexion. Néanmoins, comme nous l'avons vu plus haut, le sel gemme, abstraction faite de toute réflexion, possède un pouvoir rayonnant plus grand que le métal poli.

Absorption de la chaleur par les corps diathermanes.

Les expériences suivantes ont été entreprises en vue de s'assurer jusqu'à quel point les substances diathermanes absorbent en plus grande proportion la chaleur qu'elles émettent, que celle qui provient d'autres corps.

La solution de cette question présente un intérêt particulier. On sait en effet que M. Kirchhoff[1] a avancé qu'à la même température et pour chaque espèce de rayons, le pouvoir émissif et le pouvoir absorbant sont égaux pour tous les corps. Dès le début, mes expériences ont montré que le sel gemme absorbe de préférence la chaleur qu'il émet; d'où il résulte que la loi que nous venons de mentionner trouve encore son application, même quand le corps rayonnant est à une température plus élevée que le corps absorbant, car la plaque de sel gemme

[1] *Untersuchungen über das Sonnenspectrum*, 2me édit., p. 24.

Digitized by Google

rayonnante était, comme dans toutes les expériences de ce genre, à une température supérieure à celle qui recevait ses rayons.

Pour se rendre compte si d'autres substances se comportent de la même manière, il fallait choisir un certain nombre de corps pouvant être employés aussi bien comme rayonnants que comme absorbants, et appartenant en outre au groupe des corps diathermanes, qui seuls pouvaient être utilisés.

Le nombre des substances qui se prêtent à ce genre de recherches est extrêmement limité. La chaleur rouge ne peut pas être employée dans ces expériences, car il n'est guère possible de maintenir les corps à une température constante quand elle est aussi élevée. De plus, le rayonnement de corps incandescents ne mènerait à aucun résultat, parce que la chaleur se comporte comme la lumière. De même qu'à des températures élevées tous les corps émettent la même lumière, rouge ou blanche, de même les différences caractéristiques de la chaleur sont amoindries par l'incandescence qui donne naissance à de nouvelles radiations présentant d'autres longueurs d'ondulations. L'erbium toutefois, comme M. Bunsen [1] l'a montré, émet même à l'état solide des couleurs ou longueurs d'ondulations parfaitement déterminées, mais il est jusqu'à présent le seul exemple connu d'un corps solide jouissant de cette propriété.

La chaleur émanant d'une source obscure ne traverse qu'un très-petit nombre de corps. — Melloni [2] a trouvé que la chaleur émise par un cube de cuivre à 100°C.

[1] Liebig und Wœhler, *Annalen der Chemie*, CXXXVIII, p. 13.
[2] *Thermochrose*, p. 164.

Digitized by Google

traverse en plus grande proportion le sel gemme, le soufre et le spathfluor. Le quartz n'en laissait passer que 3 p. 100. La chaleur émise par le cuivre porté à 400° C. traversait, outre les corps que nous venons de nommer, l'aiguemarine et la topaze, dans la proportion d'environ 13 à 14 p. 100 ; mais le quartz, le verre et le spath d'Islande n'en laissaient passer que 6 p. 100.

A ce petit nombre de substances est venu s'ajouter dans ces derniers temps la sylvine, qui laisse passer la chaleur obscure à peu près aussi bien que le sel gemme.

On a pu en outre utiliser dans ces expériences des plaques de chlorure d'argent et de bromure d'argent. M. le Dr Schultz, qui m'a prêté son concours dans ces recherches, s'est chargé sur ma demande de la préparation de ces plaques, et a réussi à obtenir ces deux substances à l'état de lames parfaitement limpides et translucides. Voici par quel procédé :

Le précipité bien sec et garanti de l'influence de la lumière a été étendu sur une lame mince et bien horizontale de verre de Birmingham (celui dont on fait les lames de verres qui servent dans les observations au microscope) et recouvert d'une seconde lame semblable. Ces lames étaient ensuite chauffées, par dessus et par dessous, par un puissant bec de Bunsen, jusqu'à ce que le précipité entrât en fusion. Il y a quelques difficultés à obtenir des plaques dépourvues de bulles d'air, cependant on peut réussir à l'aide de certains coups de main. Après le refroidissement, qui doit s'opérer très-lentement, la masse fondue adhère au verre. Pour l'en détacher on plonge le tout dans l'acide nitrique, qui, par capillarité, pénètre peu à peu entre le verre et la

Digitized by Google

masse fondue et sépare l'un de l'autre. Malheureusement on n'a pas encore pu réussir à obtenir des plaques, d'une grande épaisseur, exemptes de bulles d'air, de sorte qu'il a fallu se contenter de plaques de 3^{mm}. Le sélénium que M. Schultz a réussi à obtenir en plaques par le même procédé, laisse aussi passer en certaine quantité la chaleur obscure, quand il est à l'état amorphe. A l'état cristallin en revanche ce corps est complétement athermane pour la chaleur obscure. De même que le soufre, le sélénium n'a pas pu être utilisé comme corps rayonnant, parce que tous les deux fondent à la température employée.

Le sel gemme, le spathfluor, la sylvine, le chlorure d'argent et le bromure d'argent étaient donc les seules substances qu'on pouvait étudier; encore présentaient elles dans la pratique des difficultés particulières. Ainsi, quelque soin qu'on apportât dans l'échauffement et le refroidissement des plaques, il arrivait souvent que le sel gemme, la sylvine ou le spathfluor se fendaient, en raison de la grande facilité avec laquelle ces substances se laissent cliver. Il fallait s'en procurer de nouvelles. Or, abstraction faite de la peine qu'occasionnent ces opérations, les plaques, lors même qu'elles sont coupées du même morceau, ne sont jamais parfaitement identiques et donnent par conséquent des résultats un peu différents. De plus il était nécessaire de repolir souvent à nouveau les plaques de sel gemme et de sylvine, et de préserver avec grand soin celles de chlorure et de bromure d'argent de l'action de la lumière, car même pendant leur préparation il était bien difficile, malgré les plus grandes précautions, d'éviter une faible coloration.

Digitized by Google

Ces difficultés ne sont pas même les seules, car il est à peine possible de fixer toujours d'une manière identique la plaque à échauffer dans le courant d'air chaud, ni de placer exactement de la même manière la substance absorbante. Toute inclinaison de cette dernière détermine une réflexion différente et entraîne par conséquent une modification dans le passage de la chaleur. En tenant compte de ces circonstances défavorables, les valeurs obtenues offrent cependant une précision suffisante, car elles ne diffèrent que de quelques centièmes.

Considérations théoriques.

Avant d'aborder le détail des expériences, il convient d'entrer dans quelques considérations théoriques.

Quand des rayons d'une espèce de chaleur déterminée tombent perpendiculairement sur une plaque diathermane, si I désigne la quantité ou l'intensité de ces rayons et R la fraction qui en est réfléchie, (1—R) I représentera la quantité de rayons qui pénètrent dans la plaque. Si d'autre part on désigne par a la fraction de cette espèce de chaleur qui pénètre au travers de l'unité d'épaisseur de cette plaque, valeur qu'on peut appeler le coefficient de passage ou de transmission, auquel cas $1-a$ serait le coefficient d'absorption, la quantité de chaleur qui pénètre au travers de l'unité d'épaisseur sera (1—R) I a. Pour la seconde couche de même épaisseur on aura, (1—R) I a^2 et pour n couches, (1—R) I a^n. Comme a est toujours plus petit que 1, (1—R) I a^n s'approche toujours plus de zéro à mesure que n croit, c'est-à-dire à mesure que l'épaisseur augmente. Mais si l'on suppose la plaque assez mince pour qu'il arrive encore de la cha-

Digitized by Google

leur à la surface postérieure et que R_0 représente la portion de la chaleur réfléchie à l'intérieur par cette surface, la quantité de chaleur qui émergera sera

$$(1-R)(1-R_0)\, I\, a^n.$$

Si on désigne par b le coefficient de transmission d'une autre espèce de chaleur, qui tombe avec une intensité I' sur la même plaque, et par R' et R'_0 les coefficients de réflexion de cette espèce de chaleur, la quantité de cette dernière qui émergera sera représentée par

$$(1-R')(1-R'_0)\, I'\, b^n.$$

Si on admet que les différentes espèces de chaleur ont le même coefficient de réflexion, les quantités de chaleur émergentes seront entre elles comme $I\, a^n : I\, b^n$. Ces deux valeurs s'écartent d'autant plus l'une de l'autre que n est plus grande, c'est-à-dire que l'épaisseur est plus considérable.

Considérons maintenant, au lieu de la transmission, le rayonnement de la chaleur d'une plaque qui émet plusieurs espèces de chaleur ; chaque point de cette plaque, si elle est homogène, enverra toutes ces espèces de chaleur et de plus avec la même intensité, si sa température est uniforme. Si I et I' représentent les intensités avec lesquelles deux espèces de chaleur rayonnent de chaque point de la plaque et a et b les coefficients de transmission respectifs, les intensités de ces espèces de chaleur à leur arrivée à la surface seront entre elles comme $I\, a^n : I'\, b^n$; n représentant la distance entre le point rayonnant et la surface. Si on suppose que le coefficient de réflexion R_0 est le même pour les deux espèces de chaleur, ces dernières, à leur sortie de la plaque, présenteront

Digitized by Google

le même rapport. Par conséquent, plus n sera grand plus les intensités des deux espèces de chaleur différeront des intensités avec lesquelles elles sont émises de chaque point de l'intérieur.

Supposons que contre la première plaque on applique une seconde plaque rayonnante de manière que les rayons qui en émanent aient à traverser le première plaque pour arriver à l'appareil thermo-électrique; ce ne sera pas seulement d'une manière générale la quantité totale de chaleur émise qui en sera accrue, mais chaque espèce de chaleur en particulier sera augmentée, bien qu'en proportions très-différentes; car les espèces de chaleur qui sont dues à la plaque ajoutée parviennent à la surface rayonnante avec des intensités d'autant plus différentes que la couche qu'elles ont à parcourir est plus épaisse. L'application de la seconde plaque derrière la première, peut avoir pour résultat que l'une ou l'autre des espèces de chaleur qu'elle émet arrive en si petite quantité à la surface qu'elle soit nulle; dans ce cas il n'y aurait donc pas une augmentation de cette espèce de chaleur, mais pour aucune espèce de chaleur il ne peut résulter une diminution par l'apport d'une nouvelle couche ou par l'augmentation de l'épaisseur de la plaque.

Toutefois, bien que la quantité d'aucune des espèces de chaleur émises par rayonnement ne soit diminuée par une plus grande épaisseur de la plaque, la proportion dans laquelle les différentes espèces de chaleur rayonnent est modifiée, c'est-à-dire que relativement à la quantité totale de chaleur qui est émise il s'en trouve moins de celle qui est plus facilement absorbée.

Digitized by Google

Rayonnement du sel gemme.

On a placé en premier lieu, au-dessus de la lampe, des plaques de sel gemme de $2^{mm},5$ à 5^{mm} d'épaisseur, que l'on chauffait à des températures comprises entre 110° et 225°. L'échauffement qu'éprouvait la pile thermo-électrique par le rayonnement direct à travers l'air, sans plaque interposée, et qui variait selon la température de la plaque rayonnante, produisait des déviations du galvanomètre comprises entre 29 et 66^{mm} ou divisions de l'échelle. Pour chaque plaque on admettait que le rayonnement direct était égal à 100 et l'on calculait les déviations produites par le passage des rayons au travers des plaques absorbantes, de manière à les représenter par des centièmes. Les déviations qui servaient de base à ces calculs étaient, comme dans toutes les expériences suivantes, les moyennes de trois observations successives.

La plaque absorbante était fixée exactement contre le second diaphragme. Elle est représentée par $x\,y$ dans la figure 1. Autant que la méthode employée permettait de le constater, on n'observait aucune différence dans la proportion de la transmission quand la plaque rayonnante avait une température un peu plus ou un peu moins élevée, entre les limites indiquées. Le tableau qui suit donne les moyennes de plusieurs séries d'observations, lesquelles ont été très-nombreuses, particulièrement en ce qui concerne la transmission à travers le sel gemme. Il indique la proportion dans laquelle la chaleur émise par des plaques transparentes et polies de sel gemme de 2,5 à 3^{mm} d'épaisseur, chauffées 150° C., passait à travers des plaques de différentes substances.

Digitized by Google

Source de chaleur : plaques de sel gemme chauffées à 150° C.

Substance absorbante.			Quantité de chaleur transmise.
L'air			100
Le sel gemme de	1mm	d'épaisseur.	53,2
»	2	»	41,6
»	5	»	30,5
»	20	»	20,0
»	80	»	20,9
La sylvine	3	»	55,16
»	10	»	44,0
»	20	»	36,5
Le spathfluor	2,8	»	8,3
»	10	»	8,3
Le chlorure d'argent	0,6	»	64,0
»	3	»	47,4
Le bromure d'argent	0,3	»	68,8
»	2,75	»	45,3
Le sélénium	2,5	»	13,3

Ces chiffres nous montrent que le sel gemme qui laisse passer 85 p. 100 de la chaleur émise par un cube noirci et à peu près la même proportion des autres espèces de chaleur, ne laisse passer que la moitié de la chaleur du sel gemme, quand la plaque absorbante n'a que 1mm d'épaisseur et le cinquième seulement quand cette épaisseur est de 20mm. Le sel gemme absorbe par conséquent en très-grande proportion la chaleur émise par le sel gemme. Cette absorption en outre augmente rapidement avec l'épaisseur de la plaque absorbante. Le sel gemme possède donc un très-grand coefficient d'absorption pour la chaleur émise par le sel gemme.

L'absorption d'une plaque de 20mm d'épaisseur est si grande que la portion qui est absorbée par une épaisseur plus considérable est presque nulle. Ainsi un morceau par-

Digitized by Google

faitement transparent de sel gemme de 80^{mm} d'épaisseur, dont les parois étaient parallèles et très-bien polies, n'a pas laissé passer moins de chaleur que la plaque de 20^{mm}. On peut conclure de ce résultat que la chaleur émise par les plaques employées est au moins de deux sortes différentes. Une partie possède un grand coefficient d'absorption, c'est-à-dire qu'elle est facilement absorbée par le sel gemme, puisqu'une épaisseur de 20^{mm} suffit pour l'absorber complétement. L'autre partie a un petit coefficient d'absorption, c'est-à-dire qu'elle est absorbée en faible quantité par le sel gemme.

Comparativement aux autres plaques, le morceau de sel gemme de 80^{mm} d'épaisseur laisse passer probablement moins de chaleur qu'il ne le semble d'après les expériences. Car comme la surface postérieure de cette plaque plus épaisse se trouvait au même endroit que les plaques minces, c'est-à-dire appliquée contre le second diaphragme, il s'en suit que la face antérieure était plus près du premier diaphragme et de la source de chaleur. Il tombait par conséquent sur cette face antérieure une plus grande quantité de chaleur que celle qui tombait sur une plaque mince et il en traversait aussi davantage, surtout parce qu'en raison de la proximité de la source de chaleur les rayons tombaient sur la face antérieure en divergeant davantage, et que la réfraction dans l'intérieur de la masse les faisait de nouveau converger; ils parvenaient donc en plus grande quantité au second diaphragme qu'à travers l'air. L'épaisseur de la masse de sel ne permettait pas de la placer derrière le second diaphragme à cause de la proximité de la pile. Il serait donc possible que la limite de l'épaisseur à laquelle la chaleur du sel gemme est absorbée en telle quantité

Digitized by Google

qu'une plus grande épaisseur n'occasionne plus d'absorption, se trouvât au-dessus de 20^{mm}.

La sylvine se comporte à l'égard de la chaleur émise par le sel gemme comme le sel gemme lui-même, à ce point de vue que l'absorption par la transmission augmente avec l'épaisseur de la plaque absorbante ; mais à épaisseur égale des plaques, la sylvine absorbe beaucoup moins de chaleur que le sel gemme.

Un point frappant dans ces résultats, c'est la très-petite quantité de cette espèce de chaleur, chaleur qui traverse le spathfluor et qui reste à peu près invariable quelle que soit l'épaisseur de la plaque absorbante. Le spathfluor employé offrait des plans de clivage très-distincts, mais il était parfaitement limpide, incolore et transparent[1]. Il est probable qu'il provenait de la localité de Nunn près de Brienz. Les plaques avaient une épaisseur de 2^{mm},8 à 10^{mm} et un diamètre de 52^{mm}.

Quant au chlorure et bromure d'argent, l'absorption augmente avec l'épaisseur de la plaque absorbante. Mais comme les plaques étaient minces, il est possible qu'il faille attribuer à cette circonstance la faible différence dans l'absorption de ces deux substances.

Plaques de sel gemme plus épaisses.

Quand au lieu de plaques minces on chauffait à la même température des plaques de 15 à 18^{mm} d'épaisseur, ces dernières émettaient à la fois plus de chaleur et une chaleur qui traversait en plus grande proportion les différentes substances. Il est facile de saisir la cause de ce phénomène si l'on se rappelle les considérations théo-

[1] Quelques plaques reçues plus tard n'étaient pas d'une limpidité parfaite.

Digitized by Google

riques que nous avons fait précéder. Si on s'imagine la plaque épaisse séparée en deux plaques parallèles, celle qui sera la plus rapprochée de la pile, et que nous appellerons la première, ne sera pas seule à envoyer de la chaleur à la pile; la seconde en enverra aussi au travers de la première. Les deux ensemble en envoyent donc plus qu'une seule. Mais il est aussi évident que dans cette plus grande quantité de chaleur il se trouve une proportion plus considérable de l'espèce de chaleur qui n'est pas absorbée. En effet, revenant à la supposition des deux plaques parallèles, la première envoie à la pile de la chaleur comme si elle se trouvait seule, mais la chaleur qui provient de la seconde plaque et qui a traversé la première est par cela même modifiée dans sa nature. Elle a perdu une partie des rayons absorbables et est pour cette raison plus riche en rayons non absorbables: par conséquent la quantité totale émise par les deux plaques, ou par une plaque épaisse, est plus riche en rayons non absorbables.

Les plaques épaisses ont en outre donné lieu à une observation particulière. L'une de ces plaques de 18^{mm} d'épaisseur était d'une limpidité parfaite, qu'on rencontre rarement dans les plaques de sel gemme; l'autre de 15^{mm} était moins claire et offrait à l'intérieur une petite quantité de matières étrangères. La chaleur de ces deux plaques présentait des différences essentielles. Dans le tableau ci-dessous se trouvent réunies deux séries d'expériences avec l'une de ces plaques, et trois pour l'autre; l'on a reproduit non-seulement les résultats en centièmes, mais aussi les indications du galvanomètre, pour qu'on puisse se rendre compte de l'accord que présentent les chiffres obtenus avec la même plaque.

Digitized by Google

Sel gemme

		Pas entièrement limpide de 15mm d'épaisseur.				Parfaitement limpide de 18mm d'épaisseur.					
Date de l'observation.		20 mai.		29 mai.		21 mai.		21 mai.		30 mai.	
Passage à travers :		Galvanomètre.	p. cent.	Galvonomètre.	p. cent.	Galvanomètre.	p. cent.	Galvanomètre.	p. cent.	Galvanomètre.	p. cent.
L'air		50	100	49	100	42,3	100	41	100	42,7	100
Sel gemme	1mm			33,4	68,1					23,25	54,4
»	2	29,7	59,4	30	61,2	22,5	53,2	23,0	53,6	22,0	51,5
»	5			24,8	50,6					18,5	43,3
»	20	20	40	19,8	40,4	10,8	25,5	10,1	24,6	10,3	24,1
»	80			19,3	39,4					7,1	16,6
Sylvine	3	35	70	35	71,4	28,2	66,6	27,3	66,58	27,25	62,5
»	20	28	56	27,8	56,7	21,3	50,3	19,5	47,5	19,5	45,6
»	29,5			23,75	48,4					17,0	39,8
Spathfluor	2,8	8,2	16,4	9	18,3	1,5	3,5	1,2	2,9	1,5	3,5
»	10	7,5	15	8	16,3	1,2	2,8	0,9	2,19	1,5	3,5
Chlorure d'argent	0,6	31,0	62			26,0	61,4	26,5	64,6	26,25	61,4
»	3	23,7	47,4			21,2	50,1	19,25	46,9	21,0	49,1
Bromure d'argent	0,3	34	68			28,7	67,8	28,5	69,5	28,5	66,7
»	2,75	22,2	44,4			20,5	48.4	17,25	42,1	17,8	41,7
Sélénium	2,5	7,5	15			6,8	16,0	7,3	17,8	7,25	16,9

Il ressort de ces chiffres que la plaque la moins pure émet en beaucoup plus forte proportion que la plaque la plus pure des radiations calorifiques jouissant de la

Digitized by Google

propriété d'être peu ou point absorbables par le sel gemme. Cette différence est le plus sensible avec la plaque de 20^{mm} d'épaisseur, qui ne laisse passer que 24 p. 100 de la chaleur émise par la plaque la plus limpide, tandis qu'elle laisse passer 40 p. 100 de la moins limpide; au delà de cette limite les radiations calorifiques provenant du sel gemme impur ne sont pas absorbées davantage par des plaques ayant des épaisseurs de plus en plus grandes jusqu'à 80^{mm}.

D'après cela il paraît vraisemblable que la chaleur non absorbable par le sel gemme provient des impuretés contenues dans la plaque la plus mince. Le fait suivant vient confirmer cette manière de voir: à température égale la plaque la plus pure émettait moins de chaleur que la moins pure, bien qu'elle fût d'un cinquième plus épaisse. On peut se rendre compte de cette différence en comparant les déviations du galvanomètre dues au rayonnement direct à travers l'air. Cette émission plus considérable tient à ce que le sel gemme possède un pouvoir rayonnant beaucoup plus faible que les matières étrangères qu'il renferme. La chaleur qu'envoient ces dernières paraît traverser sans altération le sel gemme, tandis que la chaleur pure du sel gemme est absorbée en plus grande proportion par le sel gemme à mesure que l'épaisseur en augmente et l'est complétement par une épaisseur suffisante.

Toutefois, il n'est pas probable que la portion de la chaleur émise par des plaques de sel gemme minces parfaitement limpides qui traverse facilement le sel gemme, soit due à des matières étrangères, parce que ces impuretés ne pouvaient être ni aperçues à l'œil, ni constatées par l'analyse chimique. Ces plaques se sont trouvées dépourvues de magnésie, de chaux et d'acide sulfurique.

Digitized by Google

D'après cela, le sel gemme, à l'état de pureté parfaite, paraîtrait émettre plus d'une espèce de chaleur; cependant on pourrait le regarder comme monothermique, en considération de ce qu'il émet l'espèce particulière de chaleur absorbable par le sel gemme en si grande proportion que l'autre espèce, ou les autres espèces, peuvent relativement être négligées.

C'est à cette propriété qu'est due la grande diathermansie de cette substance. Car la chaleur qu'émettent presque tous les autres corps, et en particulier ceux qui ont été utilisés comme source de chaleur dans des expériences de ce genre, ne renferme que peu ou point de rayons de la nature de ceux que le sel gemme émet et absorbe presque exclusivement.

Rayonnement de la sylvine.

Voici les résultats obtenus avec des plaques de sylvine de 3 à 4^{mm} d'épaisseur, chauffées, dans le courant d'air de la lampe, à la même température que celles de sel gemme.

Source de chaleur : plaques de sylvine chauffées à 150° C.

Substance absorbante			Quantité de chaleur transmise.
L'air			100
Le sel gemme de	2^{mm}	d'épaisseur	61,4
»	20	»	59,2
La sylvine	3	»	49,6
»	20	»	28,4
Le spathfluor	2,8	»	58,7
»	10	»	54,5
Le chlorure d'argent	0,6	»	62,5
»	3	»	36,7
Le bromure d'argent	0,3	»	70,5
»	2,75	»	43,7
Le sélénium	2,5	»	9,53

Ces chiffres montrent en premier lieu que le sel gemme laisse passer une beaucoup plus grande proportion de la

Digitized by Google

chaleur émise par la sylvine que de la sienne propre; et que l'absorption de la chaleur du sel gemme augmente avec une épaisseur croissante des plaques de sel gemme absorbantes, tandis que la chaleur de la sylvine ne traverse guère en plus grande proportion les plaques minces de sel gemme que des plaques épaisses. En second lieu, la comparaison de ces résultats avec ceux obtenus plus haut (p. 22) avec le sel gemme, montre que la sylvine laisse passer en plus grande proportion la chaleur de la sylvine que le sel gemme sa propre chaleur.

Mais ce sont les résultats du spathfluor qui sont le plus remarquables : tandis que ce corps laisse à peine passer quelques rayons émis par le sel gemme très-pur, il n'absorbe environ que la moité de tous ceux qu'il reçoit de la chaleur de la sylvine, proportion qui reste à peu de chose près la même que l'épaisseur de la plaque soit de 10^{mm} ou de $2^{mm},8$. Cela vient sans doute de ce que la sylvine, comme le sel gemme le moins pur, émet peut-être plusieurs espèces de chaleur, dont le spathfluor, de même que la sylvine elle-même, laisse passer quelques-unes facilement.

Ces deux substances si semblables d'ailleurs, la sylvine et le sel gemme, qui laissent passer à peu près les mêmes quantités de chaleur du noir de fumée, se comportent d'une manière différente, comme le prouvent ces expériences, non-seulement à l'égard de leur pouvoir de transmission pour les autres espèces de chaleur, mais aussi à l'égard de l'espèce de chaleur qu'elles émettent elles-mêmes.

On sait d'ailleurs qu'elles présentent aussi des différences quant à la transmission de la lumière. Toutes deux sont également incolores et transparentes; elles laissent passer également bien les différentes couleurs, mais la

Digitized by Google

rapidité de la propagation de la lumière n'est pas la même dans les deux. D'après le Dr Groth[1] l'indice de réfraction de la sylvine est=1,5021, tandis que d'après les mesures de M. Grailich[2] celui du sel gemme pour la même ligne D=1,5429.

Rayonnement du spathfluor.

On aurait dû s'attendre à ce que le spathfluor émît la chaleur du sel gemme aussi bien qu'il paraît l'absorber, et de même que sa propre chaleur fût absorbée en grande proportion par le sel gemme. Cependant, comme on peut le voir dans le tableau suivant, le sel gemme de 20mm d'épaisseur laisse encore passer 70,8 p. 100 de la chaleur du spathfluor.

Ce tableau montre dans quelles proportions les radiations calorifiques émises par une plaque limpide et transparente de spathfluor, de 3mm,8 d'épaisseur chauffé à 150° C. passent à travers des plaques de différentes substances.

Source de chaleur : plaque de spathfluor à 150° C.

Substance absorbante.			Quantité de chaleur transmise.
L'air			100
Le sel gemme de	2mm	d'épaisseur	80,5
»	20	»	70,8
La sylvine	3	»	88,9
»	20	»	85,1
Le spathfluor	2,8	»	19,2
»	10	»	9,1
»	19 [3]	»	6,2
Le chlorure d'argent	0,6	»	67,8
»	3,0	»	54,6
Le bromure d'argent	0,3	»	72,2
»	2,75	»	45,1
Le sélénium	2,5	»	21,3

[1] *Poggend. Annalen*, CXXXV, p. 667.
[2] *Kristallographischoptische Untersuchungen*, p. 78.
[3] Deux plaques de 10mm et de 9mm juxtaposées.

Digitized by Google

Malgré la grande facilité avec laquelle les rayons du spathfluor pénètrent à travers le sel gemme, il serait possible cependant que le spathfluor émît des rayons absorbables par le sel gemme. En effet, d'après les expériences mentionnées plus haut, à épaisseur et température égales des plaques rayonnantes, le spathfluor envoie plus de trois fois plus de chaleur que le sel gemme. Si les deux plaques rayonnantes avaient été plus minces, cette proportion eût été encore plus grande, puisque le spathfluor est faiblement diathermane à l'égard de la chaleur obscure, et rayonne par conséquent moins quand il est en plaque mince qu'en plaque épaisse; tandis que pour le sel gemme, doué d'une grande diathermansie, le rayonnement augmente avec l'épaisseur. Supposons maintenant que $^1/_3$ de la chaleur émise par le spathfluor soit de la chaleur du sel gemme, qui serait complétement absorbée par la plaque épaisse de sel gemme, il en resterait encore deux tiers qui traverseraient librement le sel gemme. Mais il peut aussi se faire que la chaleur émise par le spathfluor à 150° C. soit d'une autre espèce que celle qu'il émet à la température ordinaire et par conséquent qu'il absorbe aussi à cette température. Cette particularité est due vraisemblablement au pouvoir de réflexion du spathfluor, dont il sera question dans la seconde partie de ce mémoire.

C'est le spathfluor lui-même qui absorbe la plus grande proportion de la chaleur du spathfluor. Ici se présente de nouveau le même fait signalé à l'occasion du rayonnement du sel gemme et de la sylvine, savoir : que l'absorption par la substance de même nom augmente avec l'épaisseur de la plaque, tandis que les autres espèces de chaleur traversent à peu près avec la même facilité les plaques épaisses ou minces de spathfluor.

Digitized by Google

Rayonnement du chlorure et du bromure d'argent.

La plaque de chlorure d'argent qui a été employée pour étudier le rayonnement de ce corps avait une épaisseur de $2^{mm},5$, tandis que celle de bromure d'argent n'avait que 1^{mm}. Comme on le voit par les chiffres réunis dans le tableau ci-dessous, la chaleur émise par ces deux substances traverse en très-grande proportion le sel gemme et la sylvine, et un peu moins bien le spathfluor. On a déjà fait observer qu'il n'a pas été possible jusqu'ici de préparer avec ces corps des plaques homogènes d'une plus grande épaisseur. Mais les plaques minces ne font pas moins ressortir d'une manière suffisante les différences du rayonnement et de l'absorption. La faible épaisseur des plaques est probablement la cause de ce que les plaques de chlorure et de bromure d'argent transmettent à peu de chose près également bien la chaleur émise par tous les autres corps qui ont été employés dans ces expériences comme corps rayonnants, et de ce qu'elles laissent passer la chaleur émise par le chlorure et le bromure d'argent même, en proportion très-peu plus faible que toutes les autres espèces de chaleur.

Source de chaleur : plaque de			Chlorure d'argent, de 2,5mm à 158° C.	Bromure d'argent, de 1mm à 150° C.
Substance absorbante.			Quantité de chaleur transmise.	
L'air			100	100
Le sel gemme de	2mm	d'épaiss.	71,6	70,6
»	20	»	72,1	73,3
La sylvine	3	»	73,7	66,2
»	20	»	65,2	60,9
Le spathfluor	2,8	»	51,6	53,1
»	10	»	43,6	48,3
Le chlorure d'argent	0,6	»	59,3	53,9
»	3,0	»	41,3	37,0
Le bromure d'argent	0,3	»	69,4	65,3
»	2,75	»	41,8	37,5
Le sélénium	2,5	»	13,7	10,9

Digitized by Google

Conclusions.

Voici, en résumé, les résultats de ces expériences :

1. Les différents corps émettent à 150° C. différentes espèces de chaleur. Ces différentes espèces de chaleur sont absorbées en plus grande proportion par la substance de même nom que par les autres, et cette absorption augmente avec l'épaisseur de la substance absorbante.

2. Certains corps n'émettent qu'une espèce de chaleur ou seulement un petit nombre d'espèces, d'autres en émettent plusieurs espèces.

3. Au nombre des premiers se trouve le sel gemme quand il est parfaitement pur. De même que la vapeur incandescente de ce corps, ou celle de l'un de ses éléments, du sodium, n'émet qu'une couleur, de même le sel gemme, même à une basse température, n'émet qu'une espèce de chaleur. Il est monothermique, comme sa vapeur est monochromatique.

4. Outre la chaleur du sel gemme proprement dite, le sel gemme, même quand il est parfaitement limpide, émet de la chaleur qui n'est pas plus absorbée par une masse de sel gemme de 80^{mm} que par une plaque de 20^{mm} d'épaisseur.

5. Le sel gemme absorbe en très-grande proportion la chaleur qu'il émet. Il ne laisse donc pas passer également bien toutes les espèces de chaleur, ainsi que Melloni l'a prétendu.

6. La grande diathermansie du sel gemme n'est pas due au faible pouvoir d'absorption qu'il possède à l'égard des différentes espèces de chaleur, mais à ce qu'il n'émet qu'une espèce de chaleur et par conséquent qu'il n'en ab-

Digitized by Google

sorbe aussi qu'une seule, et de plus à ce que la chaleur émise par tous les autres corps ne contient qu'en très-petite proportion, ou point du tout, les rayons que le sel gemme émet presque exclusivement. Mais tous les rayons qui sont d'une autre espèce que ceux qu'un corps émet lui-même, ne sont pas absorbés par lui et le traversent sans affaiblissement.

On peut conclure de là que la diathermansie d'un corps provient de ce qu'il n'émet qu'un petit nombre de radiations d'une longueur d'ondulations parfaitement déterminée, et que par conséquent elle absorbe seulement celles-là et laisse passer toutes les autres.

7. La sylvine se comporte comme le sel gemme, mais elle n'est pas au même degré monothermique. Elle présente aussi des propriétés analogues à celles de sa vapeur incandescente, ou de celle du potassium, qui produit, comme on sait, un spectre presque continu.

8. Le spathfluor absorbe complétement la chaleur pure du sel gemme. On devrait s'attendre, en conséquence, à ce que la chaleur qu'il émet soit absorbée en grande proportion par le sel gemme. Cependant il en passe 70 p. 100 au travers d'une plaque de sel gemme de 20^{mm} d'épaisseur. Cette particularité pourrait trouver son explication dans le rapport qui existe entre la quantité de chaleur qu'émet le spathfluor et celle qu'émet le sel gemme; toutefois il est possible que déjà à 150° le spathfluor émette d'autres espèces de chaleur que celles qu'il absorbe à la température ordinaire. Il est probable d'ailleurs que cette particularité est en connexion avec le grand pouvoir de réflexion du spathfluor pour la chaleur du sel gemme, pouvoir dont il sera question dans la seconde partie de ce mémoire.

Digitized by Google

S'il était possible de projeter un spectre des radiations calorifiques émises à 150° C. par le sel gemme, ce spectre ne présenterait qu'une seule bande lumineuse. Si la sylvine était le corps rayonnant, le spectre serait beaucoup plus étendu, mais il n'occuperait cependant qu'une petite partie de celui que produirait la chaleur émise par le noir de fumée.

De la transparence.

De même qu'on admet qu'il s'opère un échange continuel de chaleur entre les corps, même lorsqu'ils sont à la même température, de même est-on aussi fondé à admettre qu'il existe un échange analogue de la lumière. Nous ne possédons pas les moyens d'observer la lumière qu'émettent les corps à la température ordinaire ; mais ils absorbent à cette température une portion de la lumière qu'ils reçoivent, car c'est cela seul qui donne naissance à leur couleur propre. Il est vrai que cette lumière provient de sources qui sont à des températures élevées; cependant les longueurs d'ondulations que les corps émettent sont les mêmes que celles qu'ils absorbent, à moins qu'on ne suppose que la lumière se transforme par l'absorption, qu'elle devienne peut-être de la chaleur, ce qui toutefois n'a pas encore été prouvé. Mais, d'une manière générale, s'il existe un semblable échange de la lumière à la température ordinaire, il doit en résulter ou bien que les corps transparents n'émettent que des rayons qui ne se trouvent pas dans la lumière émise par les corps incandescents, puisque, dans ce cas, ils n'absorbent aucune partie de la lumière des corps incandescents et la laissent passer en totalité; ou bien qu'ils n'émettent qu'une ou un petit nombre de longueurs d'ondulations de la lu-

Digitized by Google

mière perceptible pour nous, puisque, dans ce cas, ils n'absorbent que celles-là et laissent passer les autres; de sorte que, comparée à la lumière incidente, l'intensité de la lumière affaiblie n'est transmise que de ce petit nombre de radiations absorbées. On peut donc bien dire que la transparence des corps est due à ce qu'ils émettent un petit nombre seulement des longueurs d'ondulations contenues dans la lumière à nous connue[1].

[1] Nous donnerons dans notre prochain numéro la traduction de la seconde partie de ce Mémoire, qui est relative à la réflexion de la chaleur. (*Réd.*)

Digitized by Google

NOTE

SUR

LA DÉTERMINATION DU COEFFICIENT DE DILATATION

D'UN BARREAU D'ARGENT

PAR

MM. E. PLANTAMOUR et A. HIRSCH.

Les expériences, qui font le sujet de cette Note, ont été entreprises dans le but de faire connaître avec une plus grande exactitude les données nécessaires pour la réduction des observations faites avec le pendule à réversion de Repsold [1]; le coefficient de dilatation du pendule, celui de l'échelle, ainsi que l'équation de cette dernière devant être déduits de comparaisons faites avec ce barreau d'argent. Déjà l'année précédente, en 1869, des expériences analogues avaient été faites dans le même but, soit par M. le professeur Paalzow, alors directeur du bureau fédéral des poids et mesures, à Berne, soit par nous, avec un autre barreau, l'étalon normal en bronze d'aluminium, décrit par M. le professeur Wild dans son « Rapport sur les travaux relatifs à la réforme du système des poids et mesures en Suisse, » publié en 1868. Ces recherches nous avaient amenés à un résultat peu satisfaisant; nous ne nous étions pas bornés, ainsi que l'avait fait M. le professeur Wild, à comparer la longueur de ce barreau à deux températures extrêmes distantes d'une vingtaine de degrés environ, en passant dans une

[1] Voyez le mémoire « Expériences faites à Genève avec le pendule à réversion, par E. Plantamour, » dans le tome XVIII des *Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.*

Digitized by Google

première série de la température élevée à la température basse, et en suivant l'ordre inverse dans une seconde série. Nous avions réuni dans une même série d'expériences un assez grand nombre de mesures faites à différentes températures comprises entre 4° et 23° en montant, et de 23° à 2° en descendant, et nous avions déterminé à l'aide de la méthode des moindres carrés la valeur de l'allongement du barreau pour 1°, qui représentait le mieux l'ensemble de ces mesures. Le résultat de ces expériences fut assez peu satisfaisant ; en effet la valeur ainsi trouvée pour l'allongement du barreau, pour un degré, était très-loin de faire accorder les mesures effectuées aux différentes températures avec l'exactitude que l'on était en droit d'attendre d'un appareil micrométrique aussi parfait que celui du bureau fédéral des poids et mesures; de plus, le chiffre obtenu pour le coefficient de dilatation de l'étalon de bronze d'aluminium dépassait assez notablement celui qui avait été trouvé par M. le professeur Wild, la différence excédant de beaucoup les limites de l'erreur de chacune des déterminations.

Nous avons été ainsi amenés à supposer que des irrégularités dans la dilatation de l'étalon de bronze d'aluminium pouvaient être causées, soit par sa composition, soit par sa construction ; la division est tracée sur une lame d'argent fixée sur le barreau par des goupilles espacées, sur toute sa longueur, de centimètre en centimètre. La dilatation de cette lame d'argent étant plus grande que celle du barreau, il pouvait en résulter des tensions moléculaires, donnant lieu à des irrégularités dans l'allongement ou le raccourcissement de la longueur suivant la température. Le meilleur moyen d'éviter cette cause d'irrégularités nous parut être de substituer à l'étalon de bronze d'aluminium un barreau d'argent, au titre de

Digitized by Google

900 millièmes de fin, lequel fut construit et divisé par M. Hermann, le directeur actuel du bureau des poids et mesures, dans le courant de l'année 1869.

Les dimensions de ce barreau sont : longueur 1160^{mm}, largeur 7^{mm}, épaisseur 7^{mm} ; les divisions sont tracées de millimètre en millimètre à partir du centre, jusqu'à 550 de chaque côté. Il est placé dans une gorge, ou rainure, d'un barreau en laiton, qui lui sert pour ainsi dire de tuteur, et dont les dimensions sont : longueur 1164^{mm}, largeur 22^{mm}, épaisseur 22^{mm}. Le barreau d'argent est d'abord fixé par une seule goupille au milieu et il ne repose pas par toute sa surface inférieure sur celle de la rainure, mais sur des bourrelets arrondis, placés de décimètre en décimètre sur la surface de la rainure. Ces bourrelets ont été dressés soigneusement dans un même plan et polis, de manière à ce que tout en évitant une flexion du barreau d'argent, celui-ci n'éprouve aucune résistance dans son mouvement de dilatation, ou de contraction.

Une première série de recherches sur le coefficient de dilatation de ce barreau fut faite par nous, au mois de janvier 1870, à l'aide du comparateur installé dans la cave du bureau fédéral des poids et mesures à Berne, et dont une description détaillée a été donnée par M. le professeur Wild dans son rapport déjà cité, en sorte qu'il est inutile d'y revenir.

Il nous avait semblé qu'une des causes principales d'erreur dans des déterminations de ce genre pouvait provenir de la rapidité inégale, avec laquelle des variations de température manifestaient leur effet sur la boule nue d'un thermomètre très-sensible, et sur une masse métallique considérable, comme celle du barreau d'argent et celle du barreau de laiton qui l'enveloppe de trois côtés ; afin d'éviter l'inégalité produite ainsi entre la température

Digitized by Google

réelle du barreau, et celle accusée au même instant par le thermomètre, nous avons pris toutes les précautions possibles pour nous mettre à l'abri de cette cause d'erreur. L'une de ces précautions avait pour but de maintenir autant que possible la température ambiante du local au même degré que celle de l'auge du comparateur, dans laquelle le barreau était placé; en diminuant ainsi les variations de température, qui devaient être produites par le rayonnement du comparateur dans un milieu plus froid, ou plus chaud, on pouvait espérer que le thermomètre accuserait plus exactement la température réelle du barreau. A cet effet, pour les mesures effectuées à une température basse, on ouvrait 12 heures auparavant les deux fenêtres des soupiraux de la cave, et grâce à la température très-froide de la seconde moitié de janvier, et qui s'est maintenue pendant quelques jours à plusieurs degrés au-dessous de 0, le thermomètre descendait dans la cave à 2 ou 3 degrés au-dessus de 0. Pour les mesures aux températures élevées, après avoir fermé les fenêtres, on allumait pendant 12 heures 7 becs de gaz, qui, vu la petitesse de ce local voûté, et d'une très-faible hauteur, suffisaient pour élever sa température au-dessus de 20°. Cette précaution a été la cause de l'insuccès de ces premières expériences, comme il sera dit plus tard, parce que tout en diminuant d'un côté une des causes d'erreur, elle a produit d'un autre côté un inconvénient que nous n'avons pas pu prévoir.

Une autre précaution consistait à donner à la boule du thermomètre le même degré de sensibilité, pour les variations de température, qu'à la masse même du barreau, en l'insérant dans un prisme de laiton, dont la section était la même que celle du barreau. De cette façon, les variations de température ne se manifestaient sur le ther-

Digitized by Google

momètre qu'après s'être propagées à travers une épaisseur de métal égale à celle du barreau, ce qui donnait une garantie de l'accord entre le degré accusé et la température réelle de ce dernier.

Enfin, après avoir fait une première série d'expériences, dans lesquelles la caisse intérieure de l'auge renfermant le barreau et le thermomètre était seulement remplie d'air, nous en avons fait une seconde, après l'avoir remplie de glycérine, qui recouvrait la surface supérieure du barreau d'une couche de 11 à 12^{mm} d'épaisseur. La quantité de glycérine qui remplissait ce compartiment intérieur, était de 5 $^1/_2$ litres.

M. Hermann s'était assuré par des expériences préalables que la glycérine était un liquide très-favorable pour des mesures de ce genre; en effet, il ne s'évapore pas, du moins pas sensiblement dans les limites de température dans lesquelles nous opérions, il est de plus un très-bon conducteur de la chaleur, en sorte qu'il assurait ainsi une plus grande égalité de la température du barreau, sur toute sa longueur, et de celle accusée par le thermomètre placé à la même hauteur. En outre, en raison de sa chaleur spécifique très-considérable, les objets plongés dans ce liquide sont moins exposés aux variations extérieures de température, que s'ils sont simplement entourés d'air. Enfin la transparence parfaite de la glycérine fait que la netteté des traits, vus à travers des microscopes grossissant 100 fois environ, au lieu d'être diminuée, est plutôt augmentée; parce que l'on est plus à l'abri d'un reflet métallique, parfois gênant dans les observations faites dans l'air. Nous nous sommes assurés par une série de mesures comparatives faites dans l'air, et dans la glycérine à différentes températures, que la valeur des tours et des parties des vis micrométriques ne changeait pas,

Digitized by Google

suivant ces différentes circonstances, d'une quantité appréciable. En partant de la longueur du premier millimètre gravé sur le coulisseau de l'étalon de bronze d'aluminium, pour laquelle M. le professeur Wild avait obtenu $0^{mm},99426$, nous avons trouvé que la valeur d'un tour entier de la vis du microscope gauche, marqué de la lettre L, était de $0^{mm},072164$ avec une erreur moyenne de $\pm 0^{mm},000052$; la valeur d'un tour du microscope droit, marqué de la lettre R, est de $0^{mm},0706805$ avec une erreur moyenne de $\pm 0^{mm},0000171$. La circonférence du tambour de chacune des vis est divisée en 100 parties, dont chacune équivaut ainsi à un centième de tour.

Voici maintenant les résultats des mesures effectuées dans ces deux séries d'expériences, la première dans l'air, la seconde dans la glycérine. Les mesures faites par chacun de nous sont indiquées séparément, pour tenir compte de l'équation personnelle qui peut exister entre deux observateurs dans la manière d'apprécier le milieu des traits; à chaque température, la moyenne de huit lectures, faites alternativement à chacun des microscopes, fait connaître la différence L — M entre la longueur L de 1 mètre de l'étalon d'argent (du trait 500^{mm} à gauche du centre, au trait 500^{mm} à droite du centre), et la distance M qui sépare le zéro des deux microscopes. Comme les tambours des deux microscopes sont tournés vers l'extérieur, et que le nombre des tours croît de l'extérieur vers l'intérieur, cette dernière distance est plus grande que la première, et par suite L — M négatif. La température du barreau donnée dans ce tableau est indiquée par la lecture du thermomètre Geissler II pour la première série, et Geissler I pour la deuxième; ces deux instruments, divisés en dixièmes de degré, ont été

Digitized by Google

étudiés avec le plus grand soin par M. le professeur Wild, et nous avons appliqué les corrections qu'il avait déterminées par le calibrage des différentes parties du tube.

La boule du thermomètre encastrée dans un prisme de laiton, ainsi qu'il a été dit, se trouvait à peu près au milieu du barreau, à la même hauteur, et en était très-rapprochée.

Comme l'ajustement des microscopes a dû être changé pour la seconde série d'expériences faites dans la glycérine, la distance M entre le zéro des deux microscopes, n'est pas la même pour les deux séries, qui doivent être traitées séparément.

1° Expériences faites dans l'air :

Date 1870	Observateur Pl. Heure.	Température cave.	Température barreau	L—M	Observateur H. Heure.	Température cave.	Température barreau	L—M
	h.	°	°	mm	h.	°	°	mm
Janv. 18	8 3/4 soir	3,6	2,337	-0,4470	9 1/4 soir	5,0	2,312	-0,4451
» »	9 3/4 soir	6,0	2,337	-0,4485	9 1/2 soir	4,3	2,312	-0,4458
» 19	midi 1/2	14,8	15,193	-0,2203	midi 1/4	14,6	15,233	-0.2180
» »	2 1/4	13,2	14,771	-0,2347	2 1/2	13,6	14,771	-0,2362
» »	8 soir	16,4	24,537	-0,0697	7 3/4 soir	15 8	24,602	-0,0669
» »	9 soir	15,2	24,153	-0,0767	9 1/4 soir	16,0	24,083	-0,0787
» 20	9 1/4 mat.	13,4	18,965	-0,1799				
» »	10 3/4 mat.	15,9	18,790	-0,1847	10 1/4 mat.	14,8	18,795	-0,1832
» »	7 3/4 soir	6,2	5,048	-0,4106	8 soir.	7,5	5,078	-0,4100,5
» »	8 3/4 soir	7,7	5,223	-0,4088	8 1/2 soir	6,0	5,208	-0,4079
	2° Expériences faites dans la glycérine.							
Janv. 21	8 soir	5,5	4,598	-0,6002	7 3/4 soir	4.4	4,568	-0,5960
» »	8 1/4 soir	4,2	4,643	-0,6011	8 1/2 soir	5,6	4,633	-0,5975
» 22	9 1/2 mat.	9,9	15,184	-0,4048	10 1/2 mat.	14,4	14,964	-0,4063
» »	7 1/4 soir	14,8	27,217	-0,2140	7 1/2 soir	16,6	27,152	-0,2139
» »	9 soir	16,8	26,344	-0,2348	8 3/4 soir	15,5	26,394	-0,2299
» »	9 1/2 soir	16,2	25,869	-0,2466	9 3/4 soir	17,2	25,794	-0,2456
» 23	9 1/4 mat.	9,6	19,451	-0,3515	9 3/4 mat.	10,9	19 61	-0,3517
» »	10 1/2 mat.	11,6	19,131	-0,3599	10 1/4 mat.	10,4	19,156	-0,3566
» »	1 3/4	10,2	15,296	-0,4296	1 1/2	7,8	15.356	-0,4277
» »	5 1/4 soir	8,0	12,264	-0,4826	5 1/2 soir	10,6	12,214	-0,4826
» »	9 1/2 soir	5,0	6,647	-0,5821	9 1/4 soir	6,0	6,672	-0,5806
» 24	9 1/4 mat.	4,4	6,215	-0,5680	9 3/4 mat.	5,5	6,235	-0,5678

Digitized by Google

Si l'on détermine par la méthode des moindres carrés la valeur du coefficient de dilatation du barreau d'argent, qui satisfait le mieux aux longueurs mesurées à différentes températures, on trouve :

Pour les expériences faites dans l'air :

Observ. Pl.	0,00001700	avec une erreur moyenne de	±0,00000046
Observ. H.	0,00001693	» » »	±0,00000046

Pour les expériences faites dans la glycérine :

Observ. Pl.	0,00001700	avec une erreur moyenne de	±0,00000030.5
Observ. H.	0,00001700	» » »	±0,00000032

L'accord est ainsi presque complet entre les valeurs obtenues, dans chacune des séries d'expériences, d'après les mesures faites par chacun de nous ; l'erreur moyenne de chacune de ces valeurs, déduite de la somme des carrés des écarts entre la longueur observée à une certaine température, et la longueur moyenne réduite à cette température avec ce coefficient, est, il est vrai, assez considérable. L'exactitude serait néanmoins suffisante pour le but que nous nous proposions, si nous étions autorisés à considérer le chiffre de ces erreurs comme représentant bien l'incertitude du résultat, en d'autres termes, si les écarts entre les longueurs calculées et les longueurs mesurées, pouvaient être attribués à de simples erreurs accidentelles d'observation de ces dernières. Il n'en est malheureusement pas ainsi : la valeur moyenne d'un écart varie pour les différentes séries de $\pm 0^{mm},0085$ à $\pm 0^{mm},0090$, avec des valeurs extrêmes s'élevant à un peu plus du double. L'erreur d'observation proprement dite, que l'on peut attribuer à une mesure déduite de la moyenne de huit lectures faites à chaque microscope, est tout au plus de $+0^{mm},001$, même en ayant égard à une variation

Digitized by Google

physiologique dans le mode de pointer, d'une observation à l'autre; on ne peut donc pas attribuer à cette cause des écarts 8 à 9 fois plus grands. L'on trouve en outre dans la seconde série, pour laquelle l'immersion du barreau et du thermomètre dans la glycérine donnait une garantie beaucoup plus grande de l'égalité de leur température à un moment donné, des discordances qui ne peuvent être mises, ni sur le compte d'erreurs d'observation, ni attribuées à un défaut d'équilibre de température. Ainsi, par exemple, dans les mesures faites le 23 de 1 h. $^1/_2$ à 1 h. $^3/_4$ la température de la glycérine était, par la moyenne de nos deux observations, de 0°,252 plus élevée que pour celles faites le 22 de 9 h. $^1/_2$ à 10 h. $^1/_2$ du matin; d'après la dilatation du barreau, il aurait dû être ainsi plus long de 0^{mm},0043 le 23 que le 22, tandis que les mesures montrent qu'il était plus court de 0^{mm},0236. Ces deux observations sont donc en désaccord de 0^{mm},0279, désaccord qu'il est impossible, d'une part, d'attribuer à une erreur presque identique de pointer, ou de lecture, commise par les deux observateurs à la même époque, et qui supposerait, d'autre part, une inégalité de température de 1°,64 entre le barreau et le thermomètre, si l'on voulait avoir recours à cette cause d'erreur. De plus, le sens de cette inégalité montre qu'en faisant varier la température de l'intérieur du comparateur, soit en plus, soit en moins, l'allongement, ou le raccourcissement du barreau s'effectuerait plus rapidement que celui de la colonne de mercure, le thermomètre accusant ainsi un retard dans ses indications comparativement au barreau, qui serait plus sensible.

Une discordance analogue se trouve entre les observations du 23 janvier, de 9 h. $^1/_4$ à 9 h. $^1/_2$ du soir, et celles

Digitized by Google

du 24, de 9 h. $^1/_4$ à 9 h. $^3/_4$ du matin ; pendant ces 12 h., la température de la glycérine s'est abaissée de 0°,435, ce qui aurait dû produire un raccourcissement de 0mm,0074, tandis que les mesures accusent un allongement de 0mm,0135. Le désaccord entre les deux observations est de 0mm,0209, et ce n'est certes pas par une inégalité dans la rapidité de propagation de la chaleur, que l'on peut expliquer comment un corps plongé dans un liquide, dont la température s'est abaissée de 0°,435 dans l'espace de 12 heures, se serait allongé d'une quantité correspondant à une élévation de 0°,8 de température.

Il est ainsi nécessaire, pour expliquer ces écarts, de recourir à l'intervention d'une cause autre que les erreurs d'observation, ou le défaut d'équilibre de température entre le barreau et le thermomètre ; cette cause ne peut être qu'un changement dans la distance qui sépare le zéro des deux microscopes. Dans les calculs précédents, les variations dans les longueurs mesurées L-M, à différentes températures, avaient été attribuées uniquement à des variations dans la longueur L du barreau ; une fois que l'on est forcé d'admettre que M n'est pas constant, il importe de chercher si les variations de M sont purement accidentelles et indépendantes de la température, ou bien, si elles suivent une marche dépendant de la température ambiante, puisque c'est celle-ci qui peut affecter les microscopes, et non celle de l'intérieur du comparateur. Dans la première alternative, les écarts signalés pourraient encore être assimilés à des erreurs d'observation ; seulement, aux erreurs accidentelles de pointer et de lecture viendraient s'ajouter des erreurs beaucoup plus considérables tenant à l'appareil, mais qui, étant indépendantes de la tempé-

Digitized by Google

rature, et par suite des valeurs plus ou moins grandes de la longueur L, ne donneraient aucun motif pour révoquer en doute l'exactitude du résultat dans les limites fixées par l'erreur moyenne que le calcul lui assigne. Il n'en serait naturellement plus de même, si les variations de la distance entre les deux microscopes suivaient une marche correspondante aux variations de température dans la cave, et si une élévation de la température avait pour effet de modifier cette distance dans un sens, et un abaissement de la modifier en sens contraire. Dans ce cas-là, les variations dans la différence L-M entre les deux longueurs ne proviendraient pas seulement de la variation dL de la longueur du barreau, en raison de la température intérieure du comparateur, mais aussi de la variation dM de la distance qui sépare les deux microscopes, en raison de la température du local, que l'on s'est efforcé d'élever, ou d'abaisser, en même temps que celle de l'intérieur.

Il est à noter, que la variation de la température du local peut produire ces changements dans la distance des deux microscopes au bout d'un certain laps de temps seulement, si c'est sur des masses considérables et d'une conductibilité très-faible, comme des piliers en marbre, que son influence s'exerce; les variations dM de la distance seront ainsi en retard sur la cause qui les a produites, et une valeur quelconque de dM correspondra à la température de la cave, prise non pas au même moment, mais à une époque antérieure.

La marche systématique des écarts entre la longueur calculée et la longueur observée, marche parfaitement concordante dans les deux séries d'expériences, semble indiquer que la seconde de ces alternatives s'est réalisée;

Digitized by Google

la précaution prise par nous d'élever la température du local, en même temps que celle de l'intérieur du comparateur, a eu pour résultat d'écarter les deux microscopes, et de diminuer par conséquent l'allongement du barreau que l'on aurait trouvé, si la distance entre les deux microscopes fût restée invariable. De même aussi, en passant d'une température plus élevée à une température plus basse, soit dans l'intérieur du comparateur, soit dans la cave, la distance entre les deux microscopes étant diminuée, la contraction du barreau donnée par les mesures est moindre, que si cette distance n'eût pas changé. Il est facile alors d'expliquer les écarts entre les longueurs calculées et les longueurs mesurées, par la double circonstance, que les variations de température produisant les changements dL dans la longueur du barreau ne sont pas exactement les mêmes que celles qui produisent les changements dM dans la distance entre les deux microscopes, et de plus, que leur effet n'est pas simultané, si l'instabilité des microscopes est due aux piliers qui les supportent, sur lesquels l'action de la température ne se manifeste qu'au bout d'un intervalle de temps assez long. On peut, en particulier, se rendre très-bien compte, par cette circonstance, des deux discordances les plus considérables, et qui ont été relevées plus haut; dans les observations du 23 après midi, faites dans la période décroissante de la température, la distance entre les deux microscopes, après avoir augmenté dans la période croissante antérieure, n'avait pas diminué proportionnellement à la contraction du barreau, les mesures devaient donc accuser pour celui-ci une longueur moindre que dans les observations du 22 au matin, dans lesquelles une faible élévation de la température du local n'avait pas encore

Digitized by Google

produit l'écartement des deux microscopes. De même aussi, pendant la nuit du 23 au 24, pendant laquelle les fenêtres étaient restées ouvertes, le mouvement des piliers a diminué la distance entre les microscopes, de telle façon que L-M a augmenté.

Nous avons été amenés par ces considérations à regarder comme très-probable, que dans les expériences précédentes la distance comprise entre les microscopes avait pu subir, par suite d'un mouvement des piliers, des changements dans les limites de $0^{mm},0250$ environ, changements pouvant produire une erreur très-considérable dans la valeur du coefficient de dilatation calculée dans l'hypothèse d'une distance invariable. Cette valeur doit ainsi être rejetée, et ces deux séries d'expériences ne peuvent pas servir à calculer les variations de longueur dL, tant que l'on ne peut pas évaluer les variations correspondantes dM. Cette dernière évaluation n'est malheureusement pas possible, vu le manque des données qui seraient nécessaires pour mesurer le mouvement des piliers, qui se produit, au bout d'un certain intervalle de temps, à la suite d'un changement de température dans le local. Ce n'est qu'en ayant recours à des hypothèses plus ou moins arbitraires, que l'on peut suppléer à l'absence des données nécessaires dans ces deux séries d'expériences; l'on peut ainsi supposer que dM varie proportionnellement aux variations de température dans la cave, et en supposant en outre un délai d'un certain nombre d'heures, entre l'instant auquel un certain degré aura été observé, et celui auquel la variation dM correspondra. En désignant par x l'allongement du barreau, et par y celui de la distance M, pour un degré, par t la variation de

Digitized by Google

température du barreau, et par T celle des piliers, on aurait pour chaque mesure, par la comparaison avec la moyenne, une relation de la forme : $d\ (L-M) = xt - yT$ et la résolution de toutes ces équations ferait connaître x et y. Pour calculer T il est nécessaire de faire une hypothèse sur le nombre d'heures, dont la température des piliers est en retard sur celle de la cave. Nous avons supposé successivement un retard de 12 heures, puis de 6 heures, ce dernier donnant un accord beaucoup plus satisfaisant; la marche de la température dans la cave étant donnée par une interpolation graphique, à l'aide des lectures du thermomètre faites au moment de chaque observation, on déduisait la valeur de T, à un moment donné, du point de la courbe correspondant à un instant antérieur de 6 heures. Ce calcul donne pour la valeur de x le chiffre $0^{mm},018277$, et pour celle de y $0^{mm},003792$, et les écarts entre les longueurs calculées et les longueurs mesurées sont réduits à la moitié, à peu près, de ce qu'ils étaient en ne tenant pas compte des variations de la distance entre les microscopes. Il est, pour ainsi dire, inutile d'ajouter que nous n'attachons aucune valeur au chiffre de 0,000018277 ainsi obtenu pour le coefficient de dilatation du barreau, parce qu'il repose sur des hypothèses arbitraires; si nous faisons mention de ce résultat, c'est seulement pour l'invoquer comme un motif de plus, de regarder comme très-probable un mouvement des piliers produit par la variation de la température dans la cave, et de rejeter par suite les séries d'expériences dans lesquelles un pareil mouvement pouvait avoir eu lieu.

Il nous a paru nécessaire, avant d'entreprendre de nouvelles recherches, de nous assurer par des expériences

Digitized by Google

spéciales, dans quelles limites la distance entre les microscopes restait constante pendant une série de jours, tant que la température de la cave restait la même, ou du moins ne variait que fort peu, et si au contraire une variation considérable de température amenait toujours un changement correspondant dans la position relative des deux microscopes. Ce mouvement des microscopes est en effet assez difficile à expliquer par la construction et la disposition de l'appareil; chacun des microscopes est encastré dans une espèce de potence, formée par un bloc de marbre reposant à chacune de ses extrémités sur un pilier en marbre, dont les fondations sont enfoncées jusqu'à 90^{cent} au-dessous des dalles qui recouvrent le sol de la cave. Les massifs de maçonnerie servant de fondation à chacun de ces piliers sont isolés, et indépendants les uns des autres, de même que les piliers eux-mêmes sont isolés du dallage et du gros bloc de marbre, qui sert de support à l'auge du comparateur et qui s'étend d'une des potences à l'autre. On est ainsi réduit à supposer un changement d'inclinaison ou de verticalité dans les piliers, qui s'inclineraient vers l'extérieur, à la suite d'une élévation dans la température, pour revenir à leur position primitive, quand la température se serait de nouveau abaissée. En admettant, d'après les expériences précédentes, un changement total de 0^{mm},0250 dans la distance entre les deux microscopes, il en résulterait un changement d'un peu moins de deux secondes dans l'inclinaison des piliers de chaque côté, si le mouvement était égal à chaque extrémité, et dirigé vers l'extérieur pour une température croissante, et vers l'intérieur pour une température décroissante. De pareils mouvements n'auraient rien de surprenant par leur grandeur, si l'on a égard aux

Digitized by Google

variations d'azimuth qui se produisent dans une lunette méridienne, dans le cas où la face de l'un des piliers aurait été soumise à un réchauffement assez considérable, tel que celui qui résulterait d'une exposition aux rayons du soleil.

M. Hermann a bien voulu se charger de faire ces expériences, dans lesquelles il a étudié le mouvement des microscopes, non-seulement à l'aide du barreau d'argent, mais aussi en prenant un autre objet de comparaison. A cet effet, l'auge du comparateur a été enlevée, et l'on a placé, sous chacun des microscopes, un petit cube de pierre scellé sur le gros bloc de marbre, et portant une plaque en laiton, sur laquelle un trait très-fin avait été gravé pour servir de point de repère. L'on pouvait, de cette façon, mesurer les changements d (L'—M) qui avaient lieu dans la différence L'—M de la longueur L' comprise entre ces deux repères, et de la distance M entre les microscopes, soit que la température fût maintenue constante, soit qu'elle fût modifiée. Afin d'avoir une évaluation un peu plus exacte de la température des massifs de pierre, que ne le sont les indications d'un thermomètre suspendu à une certaine distance, on plaça sur les deux potences un thermomètre, dont la boule fut recouverte d'une couche de plâtre pour la rendre moins sensible. Dans deux séries d'expériences, faites, l'une du 7 février au soir au 9 février le matin, l'autre du 9 février le soir au 12 février le soir, la température de la cave fut successivement élevée, puis abaissée, de telle façon que, dans la première série, la température indiquée par les thermomètres placés sur les pierres a varié de 4°,6 à 15°,65 pour redescendre à 5°,5; dans la deuxième série, elle a varié de 5°,45 à

Digitized by Google

14°,95 pour redescendre à 3°,65. Dans la première série, la valeur moyenne de *d* (L'—M), d'après les mesures faites à différentes reprises, a été de $\pm 0^{mm},0063$, la valeur maximum étant de $0^{mm},0096$; dans la seconde, la valeur moyenne a été de $\pm\ 0^{mm},0068$, et la valeur maximum de $0^{mm},0101$. Dans une troisième série d'expériences, faites du 22 février à 8 h. matin au 26 à 6 h. du soir, soit pendant 106 heures, pendant lesquelles il a été fait 10 mesures, matin et soir de chaque jour, et pendant lesquelles la température a été maintenue constante dans les limites d'une fraction de degré, puisque les températures extrêmes accusées par les thermomètres sur les piliers ont varié de 3°,45 à 2°,67, la valeur moyenne de *d* (L'—M) a été seulement de $\pm 0^{mm},00195$ et la valeur maximum de $0^{mm},0025$. Si l'on tient compte des erreurs accidentelles d'observation, et de la variation physiologique dans le mode de pointer dans ce laps de temps, on voit que les variations de L' — M et par suite de M, sont réduites à une très-petite quantité, tant que la température reste à peu près constante. Dans les deux séries, dans lesquelles les variations de L'—M étaient trois à quatre fois plus considérables, une élévation de la température avait pour effet une diminution de L'—M, et un abaissement l'effet contraire, ce qui correspond bien à une augmentation de la distance entre les microscopes pour une élévation de la température, d'autant plus que l'on ne peut pas supposer que L' soit resté complétement invariable, et qu'il n'y ait eu aucune dilatation, ni contraction dans le bloc de marbre servant de support aux repères, pour des changements de plus de 10° dans la température.

L'impossibilité de déterminer les changements de la

Digitized by Google

distance L′ entre les deux repères, résultant de la dilatation ou de la contraction du bloc de marbre, ne permet pas d'évaluer la part qui revient à M dans le changement total observé. C'est ce qui nous a engagés à prier M. Hermann de faire encore une série d'expériences sur le barreau d'argent plongé dans la glycérine. En remplissant la cuve du comparateur d'eau et de glace, et en renouvelant celle-ci, à mesure qu'elle se fondait, on pouvait maintenir la température de la glycérine, ou du barreau, constante, à une fraction de degré près, tandis que la température de la cave et celle des piliers variait considérablement. La différence de l'allongement du barreau d'argent pour 1° n'est que de $0^{mm},001$, que l'on prenne 0,000018 ou 0,000017 pour coefficient de dilatation; on pouvait ainsi, en prenant l'une ou l'autre de ces valeurs (nous avons pris la première), calculer, à quelques dix-millièmes de millimètre près, le changement de longueur du barreau, et en appliquant cette correction à la longueur mesurée L —M, les variations de ces longueurs corrigées, λ—M, faisaient connaître directement les variations de M. Voici les deux séries d'expériences faites par M. Hermann, dans la seconde, on avait changé les microscopes, en plaçant le microscope gauche sur le pilier de droite et vice-versâ. Il nous avait en effet semblé, par l'examen des lectures faites de chaque côté, que les variations dans les lectures étaient plus grandes du côté gauche que du côté droit; si ces variations tenaient aux microscopes et non aux piliers, on devait trouver l'inverse, après avoir fait l'échange des microscopes. Comme la différence a été trouvée la même et dans le même sens, c'est bien un mouvement des piliers qui a lieu, mouvement plus prononcé

Digitized by Google

pour celui de gauche, que pour celui de droite. Dans ces observations, la dernière colonne, intitulée λ — M donne la différence entre la longueur du barreau, réduite au degré indiqué avec le coefficient 0,000018, et la distance M. Les différences entre les valeurs de λ—M sont donc les variations de longueur de M.

Date.	Heure.	Température air.	Température piliers.	Température glycérine.	L—M	Réduction de L à 4°,86	λ—M
	Première série.						
	h.	°	°	°	mm	mm	mm
Mars 1	5 soir	5,1	5,0	4,95	-0,0143	-0.0016	-0.0159
» 2	5 soir	4,6	4,65	5,00	-0.0123	-0,0025	-0.0148
» 3	9 mat.	4,65	4.65	4,82	-0.0152	+0,0007	-0,0145
» »	5 soir	4,7	4,65	4,82	-0,0191	+0,0007	-0,0184
» 4	5 soir	4,65	4,65	4,72	-0,0196	+0,0025	-0,0171
du 5 au 6 la cave a été chauffée pendant 24 heures avec sept becs de gaz.							
» 6	2 ap. m.	23,0	13,25	5,40	-0,0302	-0,0097	-0,0399
	Seconde série.						
						Réduction de L à 6°,53	
Mars 9	8 mat.	6,15	5,85	6,00	-0.0262	+0,0095.5	-0,0166.5
» »	5 soir	19,5	14.65	6,20	-0.0348	+0,0059	-0.0289
» 10	9 mat.	7,9	8.7	7.40	-0.0060	-0.0157.5	-0.0217.5
» »	5 soir	7,4	7,75	6,50	-0,0226	+0,0005.5	-0,0220.5
» 11	9 mat.	6,55	6,8	6,55	-0,0203.5	-0,0003.5	-0,0207

Dans les cinq premières observations de la première série, qui embrassent 72 heures, du 1er au 4 mars, à 5 h. soir, pendant lesquelles la température de la cave et celle des piliers est restée presque constante, les valeurs de λ—M ont très-peu changé, et de la comparaison de chaque valeur individuelle avec la moyenne — 0mm,0161.5, on déduit ±0mm,0016 pour la valeur moyenne d'un écart,

Digitized by Google

donnant la variabilité moyenne de M, l'écart maximum étant de 0,^{mm}0022.5. Puis au bout de 24 h., pendant lesquelles, par le chauffage au gaz, la température de l'air a été élevée de 18°$^{1}/_{4}$, celle des piliers de 8°,5, et celle de la glycérine de 0°,54 seulement, la valeur de λ — M a augmenté négativement de 0^{mm},0237.5, et par suite la distance M entre les microscopes a augmenté de cette quantité.

Dans la seconde série, dans laquelle le chauffage de la cave a été beaucoup moins prolongé, puisqu'il n'a duré que pendant 9 heures, de 8 h. matin à 5 h. soir, le 9, l'augmentation de la distance M est moins considérable que dans la première série, ce qui est probabement dû à la circonstance que le mouvement total des piliers, provoqué par l'élévation de la température, n'avait pas eu le temps de s'effectuer au bout de ce petit nombre d'heures. Cette série montre cependant d'une manière évidente que la distance M augmente avec une élévation, et diminue avec un abaissement de la température.

Les expériences faites par M. Hermann nous donnaient ainsi la preuve, que les changements dans la distance entre les deux microscopes ne tenaient pas à une instabilité du sol, mais à un mouvement des piliers provoqué par la température, et ayant lieu dans ce sens, que les microscopes tendent à s'écarter l'un de l'autre, par une élévation, et à se rapprocher par un abaissement de la température. L'amplitude de ce mouvement était d'environ 0^{mm},0240 pour une variation d'un peu plus de 18° pour la température de l'air et de 8°,5 pour celle des piliers; de plus, le sens de ce mouvement est tel, que l'allongement, ou le raccourcissement du barreau, donné par les lectures des microscopes dans les mesures de dilata-

Digitized by Google

tion, doit être diminué; on doit trouver ainsi un coefficient de dilatation trop faible. Si, au contraire, la température du local et des piliers reste constante, ou à peu près, le mouvement de ceux-ci est restreint à des limites qui, même pendant un intervalle de plusieurs jours, ne dépassent guère les erreurs d'observation.

Nous pouvions donc espérer obtenir un meilleur résultat d'une nouvelle détermination du coefficient de dilatation du barreau d'argent, en prenant cette fois la précaution de maintenir aussi constante que possible la température de la cave. Il fallait pour cela réduire au minimum le temps pendant lequel les becs de gaz étaient allumés, temps nécessairement un peu plus long dans ces expériences, où il faut remplacer à plusieurs reprises les 500 litres d'eau, que renferme la cuve, par de l'eau à une autre température. Nous avons dans ce but réduit à 4, au lieu de 8, le nombre des lectures faites par chacun de nous à chacun des microscopes dans une observation; les erreurs accidentelles d'observation sont assez petites, pour que la moyenne de 4 lectures fût amplement suffisante. La lecture du thermomètre dans la glycérine, et de ceux placés sur les piliers, se faisait au commencement et à la fin de cette double série, chacun de nous alternant pour faire les premières et les dernières observations. Les températures indiquées dans le tableau suivant, sont la moyenne des lectures faites au commencement et à la fin, lectures qui s'accordaient à quelques centièmes de degré près, et elles s'appliquent par conséquent, aux mesures faites par les deux observateurs. Enfin, pour maintenir aussi constante que possible la température de l'intérieur du comparateur, même avec une différence de 20° avec la température ambiante, la caisse de ce dernier a été enveloppée d'un épais matelas de ouate.

Digitized by Google

Dans cette série d'expériences, l'auge intérieure du comparateur était remplie de glycérine, et la boule du thermomètre, qui donnait la température de ce liquide, ou du barreau, était insérée dans un prisme de laiton, comme dans les expériences antérieures.

Date.	Heure.	Température		Différence L—M de la longueur du barreau et de la distance entre les microscopes.		
		piliers.	barreau.	Pl.	H.	Moyenne de Pl. et de H
	h.	°	°	mm	mm	mm
Mars 30	8 h. soir.	5,44	5,445	-0,4881	-0,4866	-0,4873.5
» 31	10 matin.	5,65	14,515	-0,3162	-0,3131	-0,3136.5
» »	10 3/4 mat.	5,67	14,435	-0,3234	-0,3224	-0,3229
» »	7 1/2 soir.	6,36	25,895	-0,1137	-0,1118	-0,1127.5
» »	8 3/4 soir.	6,40	25,685	-0,1173	-0 1141	-0,1157
Avril 1	10 matin.	5,90	19,265	-0,2338	-0,2308	-0,2323
» »	10 3/4 mat.	6,10	19,065	-0,2361	-0,2357	-0,2359
» »	4 apr. m.	6,00	12,720	-0,3559	-0,3545	-0,3552
» »	4 1/2 ap.m.	6,11	12,520	-0,3601	-0,3597	-0.3599
» »	9 soir.	6,20	5,530	-0,4886.5	-0,4866	-0,4876
» »	10 soir.	6,29	5,370	-0,4914	-0,4904	-0,4909
» 2	10 1/4 mat.	6,11	18,515	-0,2532.5	-0,2502.5	-0,2517.5
» »	10 3/4 mat.	6,17	18,350	-0,2565	-0,2554	-0,2559 5

La comparaison des chiffres inscrits dans les colonnes Pl. et H. montre une équation personnelle entre les deux observateurs, qui s'élève à $0^{mm},0017.7$ en moyenne; les différences entre les deux lectures, d'une observation à l'autre, peuvent servir de mesure des erreurs d'observation, car la différence serait constante si ces erreurs n'existaient pas. En comparant chacune des différences individuelles avec cette moyenne, on trouve, par la somme des carrés des écarts, que la valeur moyenne d'un écart est de $\pm 0^{mm},0010.2$; ce qui donne $\pm 0^{mm},0007.2$ pour l'erreur moyenne d'observation commise par chacun des observateurs, et par suite $\pm 0^{mm},0005.1$ pour l'erreur moyenne de la moyenne des deux lectures.

Digitized by Google

Si l'on calcule par la méthode des moindres carrés la valeur du coefficient de dilatation du barreau d'argent, qui satisfait le mieux aux chiffres de la dernière colonne pour les longueurs mesurées aux différentes températures, on trouve : 0,000018387 avec une erreur moyenne de $\pm$0,000000116; l'erreur probable n'est que de $\pm$0,000000078, c'est-à-dire la 236e partie du coefficient obtenu. En réduisant avec ce coefficient de dilatation les longueurs L—M observées à différentes températures, on trouve que la valeur moyenne d'un écart entre une longueur mesurée et une longueur calculée est de $\pm 0^{mm},0027.8$; elle dépasse ainsi considérablement celle que l'on peut attribuer aux erreurs accidentelles d'observation. Il y a ainsi une partie de ces écarts, que l'on doit attribuer à une variation de la distance M; dans les deux séries d'expériences faites par M. Hermann, dans lesquelles il avait trouvé $\pm 0^{mm},00195$ et $\pm 0^{mm},0016$ pour la variation moyenne de M, la température de la cave restant constante, la température des piliers avait varié seulement dans les limites de 0°,8 et de 0°,35 pendant un intervalle de trois à quatre jours, ces variations de M étant indépendantes de la température. Nous pouvons donc supposer que, dans cette dernière série, il y ait eu également une variabilité moyenne de $\pm 0^{mm},0016$ à $\pm 0^{mm},0020$ dans la valeur de M, changements indépendants aussi de la température, ce qui donnerait une explication suffisante pour les écarts, dont la valeur moyenne dépasse les erreurs d'observation proprement dites. Nous sommes autorisés à regarder ces variations de M comme étant dues à des mouvements accidentels et indépendants de la température, en très-grande partie du moins, par la comparaison de quelques-uns des

Digitized by Google

chiffres du tableau précédent; ainsi, par exemple, les deux mesures faites dans la soirée du 1er avril donnent pour la température du barreau un chiffre presque identique à celui du 30 mars, et la longueur du barreau est la même à 0mm,0019 près. De même aussi, la différence entre la longueur du barreau le 2 avril et le 1er avril au matin, avec une différence moyenne de 0°,733 dans la température, peut être expliquée par la variation accidentelle de M, en tenant compte de la dilatation pour cette différence de température.

Nous avons aussi cherché si on pouvait obtenir un meilleur accord entre les valeurs observées de L — M et les valeurs calculées, en supposant que la longueur du barreau ne variât pas seulement proportionnellement à la température, mais en introduisant un terme dépendant du carré de la température, ainsi que plusieurs savants l'avaient fait dans des recherches analogues. Dans cette hypothèse, la longueur λ d'un barreau à une température t serait représentée par la formule :

$$\lambda = L + x(t - T) + y(t - T)^2,$$

L étant la longueur à la température T. Si l'on réduit les observations de la série précédente à 5, en réunissant les mesures faites à peu près à la même température, on a :

t	Longueur mesurée. $\lambda - M$
5°,448	—0mm,4886
12,620	—0,35755
14,490	—0,3188
18,799	—0,24795
25,790	—0,1142

En prenant pour T 15°,430, et en résolvant par la

Digitized by Google

méthode des moindres carrés les équations de condition fournies par ces mesures, on trouve :

$$L-M = -0^{mm},3057$$
$$x = 0,018327$$
$$y = 0,00000703$$

Le terme dépendant de y est donc, pour ainsi dire, insensible; car la plus grande valeur de $t-T$ étant de 10 environ, la valeur maximum de ce terme dans nos expériences serait de $0^{mm},0007$, c'est-à-dire compris dans les erreurs d'observation.

Nous sommes ainsi autorisés à regarder les variations de longueur du barreau comme étant sensiblement proportionnelles à la température, dans les limites de 5 à 25°; l'introduction du terme dépendant du carré de la température ne peut pas amener une diminution sensible des écarts. Si on le néglige, et si on fait $y=o$, la résolution des équations de condition donne les valeurs presque identiques aux précédentes,

$$L-M = -0^{mm},30542 \text{ et } x = 0^{mm},018332;$$

mais, d'un autre côté, nous sommes très-loin de conclure que le même coefficient de dilatation pourrait encore être appliqué à des températures très-différentes, prises en dehors de ces limites.

Nous devons, en terminant, exprimer notre reconnaissance à M. Hermann, pour l'empressement avec lequel il a mis les appareils du bureau fédéral des poids et mesures à notre disposition, et pour l'obligeance avec laquelle il nous a aidé dans nos expériences.

Digitized by Google

DESCRIPTION D'UNE MÉTHODE NOUVELLE

POUR

DÉTERMINER LES CAPACITÉS CALORIFIQUES DES CORPS LIQUIDES

PAR

M. le Professeur E. WARTMANN

(Communiquée à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, dans sa séance du 7 avril 1870.)

Dans le premier et le troisième de ses Mémoires sur les chaleurs spécifiques, M. Regnault a exposé les avantages et les inconvénients des deux méthodes les plus usitées, celle des mélanges et celle du refroidissement. Un procédé mixte est susceptible de donner rapidement des résultats précis, surtout en ce qui concerne les liquides. A l'occasion des recherches de M. le professeur Marignac sur les effets thermiques qui accompagnent les doubles décompositions salines, j'ai entrepris une série d'expériences dont je soumettrai les résultats à la Société dès qu'il m'aura été possible de les compléter. Si je lui fais connaître aujourd'hui la méthode que j'ai imaginée, c'est que, depuis notre dernière séance, deux communications ont été adressées à l'Académie des sciences de Paris sur des instruments qui présentent quelque analogie avec le mien [1].

[1] *Comptes rendus*, séance du 21 mars, notice de M. Hirn ; et séance du 28 mars, notice de M. Jamin.

Digitized by Google

Sur une table bien horizontale, dont la tranche est figurée en AB (fig. 3), on a couché un électro-aimant CD qui commande une armature glissant sur deux tubes de verre *u*, *u*. A cette armature est fixé un cordon de soie qui passe sur la poulie E, et s'attache en deux points *t t* à une tringle métallique FG, mobile le long de guides verticaux fixes HI, dont elle est séparée par de courts tubes de verre *g g*. En son milieu, cette tringle s'articule au cylindre métallique K; elle pivote autour de ses attaches aux tubes de verre, mais peut être fixée par une clavette *v* en *z*. Le cylindre K supporte, dans un bouchon de liége, un tube thermométrique non gradué, ouvert par le haut et terminé inférieurement par un réservoir cylindrique. Dans sa partie moyenne, le canal a été renflé de manière à former une cavité sphéroïdale de quelques millimètres de diamètre, où pénètrent suivant des directions opposées deux fils épais de platine. Le supérieur L a été limé en pointe, emprisonné dans du verre de telle sorte que son extrémité seule soit libre, puis soudé dans l'ampoule obliquement, afin que sa pointe soit sur l'axe du canal à l'endroit où il va s'évaser. Le fil inférieur O communique avec le bas de la cavité. L'appareil bien nettoyé à l'acide sulfurique, puis desséché, est rempli de mercure parfaitement pur jusqu'à un niveau qui, à la température du laboratoire, s'arrête dans le renflement un peu au-dessous de la fine pointe du fil L. Un troisième fil de platine M pénètre dans le canal par l'ouverture supérieure, où on le fixe par un bouchon *y*, et s'y enfonce à des profondeurs qu'on varie suivant les cas : il doit être assez mince pour ne pas gêner le déplacement du filet mercuriel qu'un réchauffement introduit dans la partie supérieure du canal, ce filet devant toujours demeurer continu.

Digitized by Google

Du pôle positif d'un seul élément de Bunsen P, part un conducteur *a* qui, fixé au bouton *b*, s'y ramifie. D'un côté il se relie à l'électro-aimant CD dont le fil se soude avec le fil M. De l'autre, il se subdivise encore en *c* et en *d*. La première branche s'enroule sur l'électro-aimant Q d'un chronoscope de Wheatstone (construit par Hipp) et arrive au bouton *e*, auquel aboutit l'électrode négative. La seconde branche communique avec le mercure d'un réservoir de verre N, supporté par la glissière I. Le fil de platine O est en relation permanente avec le bouton *e*. Le fil L est lié à la tringle et par elle à l'appendice en cuivre amalgamé *f*, qui vient plonger dans N.

Pour opérer, on dispose le tube thermométrique dans une position presque horizontale, on introduit son réservoir au sein d'une enveloppe cylindrique en laiton mince (qu'on manie à l'aide d'un manche de bois), et on l'échauffe avec une lampe à alcool jusqu'à ce que le mercure se soit élevé de quelques millimètres plus haut que le pied du fil M. Alors une partie du courant électrique parcourt le circuit formé par l'électro-aimant C D, les fils M et O et le filet mercuriel qui les relie. En tirant le cordon de soie (qui passe sur des poulies dont une se voit en E) on amène l'armature au contact des pôles C et D. Elle y demeure attirée jusqu'à ce que le mercure qui se contracte cessant de toucher le fil M, le poids du thermomètre entraîne l'armature dont la course est limitée par des arrêts invariables. En tombant d'une hauteur constante et en parfaite liberté, suivant une direction verticale (qu'assure l'effet de la clavette) l'appareil plonge son réservoir dans un vase calorimétrique contenant le liquide sur lequel on expérimente. Au même instant l'appendice *f* s'immerge dans le réservoir N, et le courant

Digitized by Google

s'établit par la dérivation *d f* G L O *e*[1]. L'électro-aimant Q, qui avait dès le début maintenu son armature attirée, la laisse en liberté et les aiguilles chronométriques se meuvent sur leurs cadrans. Mais, aussitôt que le mercure s'est abaissé au-dessous de la pointe du fil L, l'électricité n'a plus d'autre route que le fil enroulé sur Q, et les aiguilles s'arrêtent immédiatement.

Ces divers effets se produisent d'une manière automatique et avec une régularité parfaite. Dès que le thermomètre est descendu à une température toujours la même, il chute dans le calorimètre, où son refroidissement jusqu'à un degré invariable s'effectue dans un temps que le chronoscope évalue en millièmes de seconde.

Le calorimètre dont je me sers habituellement est en argent poli et mince. Il est convenablement isolé à l'intérieur d'un vase de fer-blanc à doubles parois, entre lesquelles une masse d'eau entretient une température constante. Ce vase est disposé sur un plateau en bois qu'on fait tourner autour de son centre avec une vitesse de deux révolutions par seconde. Le réservoir du thermomètre se trouve toujours à un centimètre de la paroi, et la rotation uniforme imprimée au liquide remplace avantageusement l'emploi d'un agitateur. Avant l'immersion, l'orifice du calorimètre est fermée par un écran qui se déplace par l'abaissement du thermomètre : ainsi, tandis que celui-ci se refroidit dans l'air, son rayonnement calorifique est sans influence.

Suivant les cas, on emploie des calorimètres plus ou

[1] C'est afin d'éviter que le courant ne devienne une source de chaleur que j'emploie des fils épais, et que j'augmente la section du filet mercuriel dans l'intervalle qui les sépare.

Digitized by Google

moins capaces et des thermomètres à réservoirs de diverses grosseurs.

En résumé, j'ai recours à une méthode par *réchauffement*. J'introduis au sein des divers liquides ramenés à à la même température initiale un corps toujours identique et porté au même degré thermométrique ; puis je détermine avec précision les temps fort courts (quelques secondes) que chacun d'eux exige pour absorber une quantité constante de chaleur. Tous sont pris à volumes égaux. Cette égalité s'obtient par l'affleurement de leur niveau avec une pointe de platine disposée dans l'axe du calorimètre qu'on transporte sur un plan calé.

Digitized by Google

OBSERVATIONS

SUR

UN MÉMOIRE DE M. OTTO WOLFFENSTEIN

RELATIF A LA

DENSITÉ DE L'OZONE

PAR

M. J.-L. SORET.

Dans un mémoire récent [1], M. Otto Wolffenstein a jeté des doutes sur la valeur d'une partie des expériences par lesquelles j'ai cherché à déterminer la densité de l'ozone [2].

Il rappelle d'abord que je me suis servi des essences de térébenthine et de cannelle, en admettant que lorsqu'on traite un mélange d'ozone et d'oxygène ordinaire par ces essences, elles absorbent l'ozone sans absorber en même temps l'oxygène. — M. Wolffenstein ajoute que je n'ai donné aucune preuve expérimentale de la réalité de cette remarquable propriété, et que probablement c'est seulement l'analogie des phénomènes d'oxydation produits par l'essence de térébenthine et par l'ozone qui m'a conduit à les attribuer à la même cause. — Puis

[1] Beitrag zur Ozonfrage. *Poggendorff's Annalen*, 1870, n° 2.

[2] Le Mémoire de M. Wolffenstein indique par erreur que mes Recherches ont été publiées dans les *Annales de Chimie* en 1867. Mon Mémoire *in extenso* a paru dans les *Archives des Sciences phys. et nat.* en 1867, tome XXX, p. 306. Un extrait de la première partie de ce travail, celle à laquelle M. Wolffenstein fait allusion, a été inséré dans les *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences* du 27 novembre 1865, et reproduit dans les *Annales de Chimie* en janvier 1866.

Digitized by Google

après avoir mentionné des recherches de Schönbein et de M. Berthelot relatives aux réactions de l'essence de térébenthine et de l'oxygène, il rapporte des expériences par lesquelles il a cherché à résoudre les deux questions suivantes :

1° L'essence de térébenthine doit-elle ses propriétés oxydantes à ce qu'elle contient de l'ozone ? — Les résultats que l'auteur a obtenus jusqu'ici paraissent donner une réponse négative à cette question.

2° L'oxygène ordinaire est-il absorbé par l'essence de térébenthine ? — L'auteur cite quatre expériences dans lesquelles il a observé une absorption plus ou moins considérable, en faisant agir 13cc d'essence de térébenthine, récemment portée à l'ébullition et refroidie à l'abri du contact de l'air, sur 200cc d'oxygène dépourvu d'ozone. Cette absorption s'est élevée à :

8,31 cc	dans la	1re	expérience	qui avait	duré	15 1/4	heures.
0,65	»	2me	»	»	»	2	»
5,7	»	3me	»	»	»	18	»
5,8	»	4me	»	»	»	2 1/2	»

Ainsi l'essence a absorbé de l'oxygène ordinaire.

Je répondrai d'abord que ce n'est nullement l'analogie des propriétés oxydantes de l'ozone et de l'essence de térébenthine, qui m'a fait admettre que cette essence absorbe l'ozone sans absorber l'oxygène quand on la fait agir sur un mélange de ces deux gaz. J'ai été conduit à ce résultat uniquement par l'expérience, comme je l'indiquerai plus bas. — Je puis donc laisser de côté la première des questions que M. Wolffenstein s'est posée et dont la solution, intéressante en elle-même, ne me paraît pas pouvoir fournir un argument contraire ou favorable à l'exactitude de mes conclusions.

Digitized by Google

A ce dernier point de vue, la seconde question la plus d'importance. — Je n'ai jamais nié que l'essence de térébenthine ne puisse en certains cas absorber de l'oxygène ordinaire. Seulement, *dans les conditions où j'opérais*, j'ai trouvé que cette absorption était insensible ou tout au moins très-petite. De plus, dans la méthode que j'ai suivie, je faisais subir aux résultats obtenus une *correction* donnée directement par l'expérience, *pour l'effet que l'essence peut exercer sur le volume du gaz, indépendamment de son action sur l'ozone.*

Il me sera permis d'entrer ici dans quelques détails sur ce sujet et sur la manière dont mes expériences ont été conduites.

En étudiant l'action d'un assez grand nombre de substances sur l'oxygène contenant de l'ozone, j'avais trouvé, comme MM. Andrews et Tait, que les corps facilement oxydables détruisent en général l'ozone sans produire de changement dans le volume du gaz. — En essayant à son tour l'essence de térébenthine, je fus frappé de la facilité avec laquelle elle fait disparaître toute trace d'ozone, et surtout du fait que cette disparition de l'ozone est accompagnée d'une diminution de volume, contrairement à ce qui a lieu avec d'autres corps. — Je traitais 230^{cc} à 250^{cc} d'oxygène ozonisé par 2^{cc} environ d'essence. — Mon premier soin fut de rechercher si, en opérant de la même manière, dans les mêmes appareils, sur de l'oxygène dépourvu d'ozone, on obtenait encore une diminution de volume, et par conséquent, si ce phénomène devait être attribué à une absorption de l'oxygène ordinaire par l'essence. Je retrouve dans mes notes plusieurs expériences faites dans ce but : leur résultat constant a été que le volume du gaz ne subissait que de très-petits changements ;

Digitized by Google

une fois j'ai observé une diminution de $0^{cc},4$ et les autres fois une augmentation du volume apparent de quelques dixièmes de centimètres cubes. — Ainsi, dans les conditions où j'opérais, l'absorption de l'oxygène par l'essence de térébenthine était si faible qu'elle était en général plus que compensée par l'augmentation apparente du volume due à la tension de vapeur de l'essence introduite dans l'appareil, tension qui n'atteint que 3 à 4^{mm} à la température ordinaire.

En employant de l'essence de cannelle au lieu d'essence de térébenthine, je suis arrivé à des résultats analogues.

Y avait-il lieu d'être surpris de ce résultat? Je ne le pense pas. Il n'est point incompatible avec les chiffres obtenus par M. Berthelot[1]. En effet, en traitant de l'oxygène par 20^{cc} d'essence de térébenthine, ce savant avait obtenu une absorption de $3^{cc},8$ seulement (pourvu que l'on ne prolongeât pas pendant plusieurs heures, ni surtout pendant plusieurs jours, le contact de l'essence et de l'oxygène). Dans mes déterminations j'employais une quantité d'essence environ 10 fois plus petite; l'absorption devait donc diminuer d'autant. De plus, M. Berthelot avait sans doute cherché à opérer dans des conditions favorisant le plus l'absorption : l'agitation devait être un peu prolongée,

[1] Sur les propriétés oxydantes de l'essence de térébenthine. *Annales de chimie et de phys.*, 1860, tome LVIII, p. 441 et suiv.

[2] Sur les quatre déterminations faites par M. Wolffenstein, une seule a donné une valeur de l'absorption très-inférieure à celle de M. Berthelot; les trois autres, au contraire, conduisent à des chiffres notablement plus forts, ce qui, pour deux de ces expériences du moins, peut s'expliquer par la durée de l'opération (15 à 18 heures). Du reste, comme M. Wolffenstein le remarque lui-même, l'absorption doit varier suivant la température, l'intensité de la lumière, la durée du contact et la fréquence des agitations.

Digitized by Google

les parois de l'appareil étaient mouillées d'essence pure, offrant ainsi une grande surface d'action. Dans mes observations, j'agitais le gaz pendant deux ou trois secondes seulement avec une petite quantité d'essence et une beaucoup plus grande quantité d'eau ; celle-ci lavait en partie les parois du ballon, en entraînait l'essence et diminuait ainsi la surface d'absorption. Enfin M. Berthelot se servait d'essence soigneusement dépourvue d'oxygène, soit par la chaleur, soit par déplacement à l'aide d'un autre gaz. Dans mes expériences j'employais de l'essence qui n'avait point été préservée du contact de l'air; elle devait donc tenir déjà de l'oxygène en dissolution et par suite être moins apte à en dissoudre une nouvelle proportion.

Si je n'ai pas cité dans mon Mémoire les essais préliminaires que je viens de mentionner, c'est que, dans chacune des expériences définitives, j'ai mesuré avec le plus grand soin la variation de volume que l'action de l'essence produisait sur le gaz dépourvu d'ozone, et cela pour obtenir la correction dont j'ai parlé plus haut. — Je rappelle ici comment j'opérais.

On remplissait deux ballons gradués, parfaitement semblables, avec de l'oxygène contenant de l'ozone ; on mesurait le volume initial du gaz contenu dans chacun d'eux [1]. Cela fait, on traitait l'un des ballons par la chaleur et l'autre par l'essence ; puis on mesurait de nouveau les volumes. L'augmentation de volume, due à la destruction de l'ozone converti en oxygène ordinaire par la chaleur, était donnée par la différence des mesures

[1] J'ai décrit dans les *Archives*, loc. cit., les précautions qui ont été prises pour la précision des mesures et pour que le gaz contenu dans les deux ballons eût exactement la même composition.

Digitized by Google

après et avant l'opération pour le premier ballon, sans qu'il y eût à appliquer de correction spéciale. Dans le second ballon, l'essence avait absorbé l'ozone en produisant une diminution de volume donnée par la différence des volumes avant et après l'opération; mais cette donnée devait subir une correction. En effet, à côté de son action principale (l'absorption de l'ozone), l'essence pouvait exercer une action secondaire sur le gaz restant, soit par absorption d'oxygène ordinaire, soit par tension de vapeur, capillarité, etc. Il m'a paru que le meilleur moyen de déterminer la valeur de cette correction, consistait à répéter sur le premier ballon, où l'ozone avait été détruit par la chaleur, le traitement que l'on avait fait subir au second ballon, en employant la même essence, en même quantité, en un mot, en opérant exactement de la même manière. C'est ce qui a été fait, comme je l'ai dit dans mon Mémoire. Cette correction, très-petite du reste, a été constamment positive, c'est-à-dire que l'action de l'essence sur l'oxygène ordinaire a produit une petite augmentation de volume apparent du gaz. Voici du reste les chiffres que j'ai obtenus pour la valeur de cette correction dans les expériences relatées dans mon Mémoire [1].

Essence de térébenthine.	Essence de cannelle.
cc	cc
+0,6	+0,6
+0,1	+0,5
+0,2	+0,6
+0,5	+0,6
	+0,7
	+1,05

Cette correction étant appliquée, j'ai trouvé que la dé-

[1] *Archives*, loc. cit., p. 320.

Digitized by Google

minution de volume résultant de l'action de l'essence était le double de l'augmentation de volume produite par la chaleur; j'en ai conclu que la densité de l'ozone était 1 $^1/_2$ fois celle de l'oxygène.

En résumé, je ne pense pas que cette méthode d'expérimentation fût défectueuse; sans doute, comme j'ai été le premier à le faire remarquer, elle ne comporte pas le degré de précision que l'on peut atteindre dans la mesure des volumes d'autres gaz, et c'est là une des raisons pour lesquelles j'ai cru devoir la contrôler par une méthode complétement différente, celle de la diffusion, qui m'a conduit au même résultat.

Digitized by Google

APPLICATIONS
DE
L'ANALYSE SPECTRALE A L'ÉTUDE DES CORPS CÉLESTES

William Huggins, Spectrum Analysis, applied to the Heavenly Bodies. A Discourse, delivered at Nottingham before the British Association, 1866. — *Antonio Secchi*, Sugli Spettri prismatici dei corpi celesti, 1868. — *H. Schellen*, die Spectralanalyse in ihrer Anwendung auf die Stoffe der Erde und die Natur der Himmelskörper, 1870.

Il a déjà paru, à plusieurs reprises, dans les *Archives*, des analyses très-brèves de quelques-uns des travaux les plus importants de M. Huggins, de M. Miller et du R. P. Secchi, sur les spectres des corps célestes; si donc nous revenons aujourd'hui sur ce sujet, c'est afin de donner à nos lecteurs un aperçu général des progrès accomplis depuis quelques années dans cette branche toute nouvelle de l'astronomie. L'occasion de faire un résumé semblable nous est fournie par une publication toute récente que nous désirons signaler à l'attention de tous ceux que ces questions-là intéressent.

Sous ce titre « *die Spectralanalyse in ihrer Anwendung auf die Stoffe der Erde und die Natur der Himmmelskörper,* » M. Schellen, professeur à l'école d'application de Cologne, vient de faire paraître un traité très-complet et très-bien fait d'analyse spectrale. Un plan excellent, un style très-précis, des figures nombreuses et d'une très-belle exécution, intercalées dans le texte, font de ce volume un livre à la fois sérieux et populaire, propre à

Digitized by Google

mettre l'homme de science aussi bien que les gens du monde au courant des grandes découvertes de MM. Kirchhoff, Bunsen, Janssen, Lockyer, Huggins et Secchi.

La plus grande partie de ce qui va suivre est empruntée au livre de M. Schellen. Nous nous bornerons, comme notre titre l'indique, à ce qui concerne l'application de l'analyse spectrale à l'étude des corps célestes, et même nous laisserons de côté ce qui touche à l'étude du Soleil et des protubérances solaires. Les *Archives* ont déjà exposé, à plusieurs reprises, les travaux entrepris dans cette voie, et cette question sera traitée de nouveau dans un de nos prochains numéros.

Après avoir donné une description détaillée des instruments employés par MM. Huggins et Miller, et par le R. P. Secchi, nous passerons à l'exposé des résultats obtenus par eux, soit pour la Lune et les planètes, soit pour les étoiles fixes, les nébuleuses et les comètes.

Instruments.

Pour faire sur les étoiles fixes des observations du genre de celles qui vont nous occuper ici, il faut adapter un spectroscope d'une disposition spéciale à un équatorial, c'est-à-dire à une lunette astronomique munie d'un mouvement d'horlogerie, lequel la ramène toujours dans la direction de l'astre, direction dont elle tend à s'écarter continuellement sous l'influence du mouvement de rotation de la terre qui l'entraîne, de telle sorte que l'astre une fois amené dans le champ de la lunette, y demeure pendant toute la durée de l'observation. Le spectroscope vient prendre la place de l'oculaire de la lunette équatoriale. Une étoile fixe, vue dans une lunette astronomique, apparaît comme un point brillant; pour obtenir un spectre

Digitized by Google

d'une certaine largeur, il faut donc commencer par transformer ce point en une ligne lumineuse et, pour cela, faire passer le faisceau de rayons que l'objectif a rendu convergents à travers une lentille cylindrique; la tranche lumineuse et très-mince ainsi produite, est ensuite reçue dans la fente du spectroscope et s'étale par son passage à travers une série de prismes en un long ruban sur lequel on distingue alors nettement les différentes raies spectrales de l'astre que l'on veut étudier. Cela ne suffit point encore, il faut pouvoir comparer ces raies avec celles des différents corps simples dont il s'agit de constater la présence dans ces mondes éloignés. Pour cela l'on adapte devant la portion inférieure de la fente du spectroscope un petit miroir[1] qui réfléchit directement dans l'intérieur de l'appareil les rayons envoyés latéralement par le corps gazeux incandescent dont on veut comparer le spectre avec celui de l'étoile. L'on obtient ainsi deux spectres superposés, et la coïncidence exacte d'un certain nombre de raies de ces deux spectres établit, avec une probabilité plus ou moins grande, équivalant parfois à une certitude presque absolue, la présence de tel ou tel corps dans une étoile fixe ou une nébuleuse.

Telle est la base des instruments imaginés par M. Huggins d'une part, par le Rév. P. Secchi d'autre part, et que nous appellerons avec M. Schellen *spectroscopes stellaires* (*Sternspectroscope*) ou encore *télespectroscopes*. M. Huggins employait pour ces recherches un réfracteur ayant 8 pouces d'ouverture et 10 pieds de distance

[1] Cette disposition est déjà ancienne et se retrouve dans tout spectroscope complet; l'on fixe ordinairement à cet effet, devant la moitié inférieure de la fente du spectroscope, un petit prisme à réflexion totale dont la section est un triangle équilatéral.

Digitized by Google

focale. Après avoir traversé l'objectif, les rayons passaient, comme nous l'avons dit, à travers une lentille cylindrique planconvexe, formaient leur foyer immédiatement en avant de la fente du spectroscope placée elle-même au foyer principal d'une lentille disposée à l'autre extrémité du tube du spectroscope et destinée à rendre les rayons parallèles avant leur arrivée sur deux prismes en flint-glass, donnant chacun une déviation de 60° [1].

On observe le spectre formé de la sorte avec une petite lunette achromatique, laquelle forme du reste une partie intégrante de tous les spectroscopes. L'oculaire de la petite lunette de l'appareil d'Huggins donnait un grossissement de 5,7 fois. Une ouverture latérale, pratiquée dans le grand tube porte-oculaire, tout à côté de la fente du spectroscope, laisse tomber sur le petit prisme à réflexion totale, qui les renvoie dans la fente de l'appareil, les rayons émanant d'un corps quelconque rendu incandescent dans l'étincelle d'induction.

Comme principe, l'appareil du P. Secchi est identique à celui de M. Huggins : nous y retrouvons la lentille cylindrique, le petit miroir de comparaison destiné à réfléchir les rayons émanant du corps incandescent dont la lumière doit être comparée à celle de l'étoile ; seulement ici c'est une lame de verre incliné à 45° sur la fente du spectroscope, et qui, étamée à sa partie inférieure, laisse au contraire passer à sa partie supérieure les rayons de l'astre que l'on observe. La différence essentielle entre les deux instruments consiste en ce que le P. Secchi emploie un spectroscope de Hoffmann à vision directe, lequel, tout

[1] On ne peut pas employer un grand nombre de prismes, à cause de la petite quantité de rayons lumineux que l'on a à sa disposition. En étalant davantage le spectre, on affaiblirait trop la lumière.

Digitized by Google

en dispersant les rayons, ne les fait point dévier de leur direction primitive. Il se compose de 2 prismes de flint-glass accolés à 3 prismes de crown en sens inverse. La petite lunette destinée à donner une image grossie du spectre, peut de la sorte être dirigée directement sur l'étoile. Une seconde ouverture latérale, pratiquée tout à côté de la face intérieure du dernier prisme de crown, laisse passer un mince faisceau lumineux qui, réfléchi par le prisme, donne dans le champ de l'appareil une ligne brillante destinée à servir de point de repère pour la détermination des lignes spectrales.

Pour l'étude de corps célestes présentant un diamètre appréciable, tels que les nébuleuses, M. Huggins et le Rév. P. Secchi ont employé des appareils donnant une dispersion plus considérable. Le grand télespectroscope de M. Huggins, dont les parties essentielles sont les mêmes que celles de l'appareil ci-dessus, se compose de deux systèmes de 5 prismes, flint et crown (spectroscope à vision directe), entre lesquels se trouvent 3 prismes disposés comme dans le spectroscope ordinaire. Dans le grand télespectroscope du P. Secchi, les rayons de l'astre qu'on observe passent d'abord à travers deux prismes donnant chacun une déviation de 60°, puis à travers un système de 5 prismes, semblable à celui que M. Hoffmann emploie dans ses prismes à vision directe.

Pour l'observation des météores, on ne peut évidemment pas employer les instruments que nous venons de décrire, et l'on se sert dans ce cas d'un petit spectroscope à main, composé d'un système de 3 prismes, 1 flint et 2 crown, et d'une petite lunette achromatique. Cet instrument a l'avantage de pouvoir se mouvoir à volonté

Digitized by Google

dans toutes les directions et d'avoir un champ assez considérable [1].

Spectres de la Lune et des planètes.

MM. Huggins et Miller ont constaté que le spectre de la Lune est absolument identique à celui du Soleil, aucune raie obscure ne vient s'ajouter aux raies constatées par Fraunhofer et par M. Kirchhoff, d'où il suit que la Lune n'a point d'atmosphère, comme on l'avait déjà conclu de ce fait que les rayons des étoiles ne sont point réfractés lorsqu'ils arrivent à raser la surface de notre satellite. Dans les spectres de *Vénus, Mars, Jupiter* et *Saturne,* l'on aperçoit nettement les raies provenant de l'atmosphère solaire, et l'on voit en outre les raies et les bandes obscures que Brewster et M. Janssen ont reconnu appartenir à la vapeur d'eau. Ces planètes ont donc toutes des atmosphères semblables à la nôtre renfermant de fortes proportions de vapeur d'eau. Dans le spectre de Mars les raies noires produites par l'absorption de son atmosphère sont très-fines, d'où l'on peut conclure avec le P. Secchi que l'atmosphère de cette planète doit être sensiblement plus petite et plus subtile que la nôtre [2]. Les spectres de Jupiter et de Saturne présentent dans le rouge une raie noire très-large et marquée, ne coïncidant avec aucune des raies terrestres du spectre solaire. L'on n'a point déterminé encore si elle appartient à la vapeur d'eau ou à quelque autre corps, qui se trouverait de la sorte répandu

[1] M. Browning, à Londres, construit de petits instruments de ce genre qui embrassent dans le ciel un espace circulaire de 7° de diamètre, dans lesquels le spectre d'une étoile affecte une longueur de 3 degrés, et avec lesquels on peut voir distinctement le spectre de la grande nébuleuse d'Orion.

[2] *Sugli spettri prismatici delle stelle fisse*, P. Secchi; premier mémoire, p. 32.

Digitized by Google

dans les atmosphères de ces planètes, lesquelles sont évidemment beaucoup plus grandes et plus denses que la nôtre.

Le spectre d'*Uranus* diffère essentiellement de celui des autres planètes : il offre deux bandes obscures placées l'une dans le vert-bleu près de la raie F de Fraunhofer, l'autre dans le vert près de E ; à partir du vert-jaune le spectre disparaît entièrement pour ne reparaître que dans le rouge. Les rayons jaunes font entièrement défaut dans la lumière envoyée par Uranus. Ce fait n'a point encore trouvé son explication ; il pourrait tenir à l'action de certaines substances répandues dans une atmosphère très-dense, il pourrait provenir également de ce que cette planète émettrait de la lumière directement, son refroidissement n'étant encore que fort peu avancé, comme des mesures photométriques exécutées par M. Zöllner sembleraient le faire croire.

Étoiles fixes.

Des quatre grands types d'étoiles. — Pour la Lune ou les planètes, l'analyse spectrale ne peut guère nous donner d'indices qu'en ce qui touche à la présence ou à l'absence d'une atmosphère semblable à la nôtre et aux corps que celle-ci peut renfermer en suspension. Des recherches de ce genre ont une tout autre importance quand il s'agit des étoiles fixes, car l'on ne pouvait guère émettre jusqu'ici que des conjectures sur la nature des étoiles et leur constitution physique. On avait admis, sans grande preuve à l'appui, que ce sont autant de soleils semblables au nôtre. Les progrès de l'analyse spectrale sont venus confirmer cette opinion et en ont fait une quasi-certitude. Toutes les étoiles fixes donnent en effet des spectres continus sillonnés par des raies obscures absolument

Digitized by Google

comme celui du Soleil. L'on peut donc admettre qu'elles se composent comme lui d'un corps central émettant de la lumière blanche (suivant la théorie de M. Kirchhoff, solide ou liquide), entouré de vapeurs incandescentes, lesquelles absorbent chacune certaines radiations déterminées et produisent de la sorte les raies obscures des spectres stellaires. L'observation spectrale permet non-seulement de se rendre compte d'une manière générale de la constitution physique des étoiles, mais encore de déterminer avec une très-grande probabilité la nature de quelques-uns des corps dont elles sont composées.

L'existence de tel ou tel corps dans l'atmosphère de l'étoile s'établit avec une plus ou moins grande probabilité, suivant le nombre des raies brillantes de ce corps, qui coïncident exactement avec des raies obscures bien déterminées du spectre de l'étoile.

MM. Huggins et Miller ont dessiné très-exactement les spectres des étoiles les plus importantes, tout en les comparant avec ceux d'un certain nombre de corps simples. Voici, par exemple, le résultat qu'ils ont obtenu pour l'étoile de première grandeur *Aldebaran* (α du Taureau) :

Spectres des corps simples comparés avec celui d'Aldebaran.

Raies coïncidentes.	Raies comparées, mais pas coïncidentes.	
1 Hydrogène raies C et F.	Azote	3 raies.
2 Sodium raie double D.	Cobalt	2 »
3 Magnésium raie triple *b*.	Étain	5 »
4 Calcium 4 raies.	Plomb	2 »
5 Fer 4 raies plus E.	Cadmium	3 »
6 Bismuth 4 raies.	Baryum	2 »
7 Tellure 4 raies.	Lithium	1 »
8 Antimoine 3 raies.		
9 Mercure 4 raies.		

Digitized by Google

Les raies ainsi déterminées avec le plus grand soin atteignent parfois le chiffre de 80 et même plus dans le spectre d'une même étoile. Parmi ces raies, outre celles qui ont été reconnues pour appartenir à des corps répandus à la surface de la terre, il en est beaucoup d'autres qui doivent appartenir à des corps non encore essayés, et d'autres aussi qui doivent se rapporter à des corps n'existant pas sur la terre ou du moins non encore connus, peut-être même d'autres encore qui proviendraient de certains corps propres à une ou plusieurs étoiles et complétement étrangers à notre système. Le P. Secchi a étendu ses observations à plusieurs centaines d'étoiles fixes, il a publié dans le Mémoire auquel nous avons fait déjà plusieurs fois allusion un catalogue des étoiles fixes qu'il a étudiées[1]; leur nombre depuis lors s'est considérablement accru, à la suite de ses dernières recherches. Il a reconnu parmi tous ces spectres quatre types bien distincts.

Le *premier type*, qui est celui dans lequel rentrent la plupart des étoiles, est représenté par le spectre de *Sirius* ou d'α de la *Lyre*, il consiste en un spectre continu sans bandes d'absorption, présentant seulement une quantité innombrable de raies obscures très-également réparties et très-fines, à côté desquelles l'on en distingue quelques-unes beaucoup plus marquées. Parmi ces dernières se trouvent la ligne D du sodium et plusieurs raies de l'hydrogène lequel paraît jouer un rôle prédominant dans l'atmosphère de ces étoiles-là.

Le *second type* comprend les étoiles à lumière jaune, *Arcturus* par exemple. Le spectre de ces étoiles, comme

[1] *Sugli spettri*, etc. *Catalogo delle stelle di cui si e determinato lo spettro luminoso all osservatorio dell Collegio romano*. P. Secchi, 1867.

Digitized by Google

celui de notre Soleil, est entièrement dépourvu de bandes obscures, mais il présente un beaucoup plus grand nombre de raies noires dans le rouge, le vert, le bleu et le violet que dans le jaune.

Le *troisième type* est celui des étoiles rouges, par exemple α d'*Hercule*, β de *Pégase* ou encore α d'*Orion*. Le spectre de ces étoiles présente l'aspect d'une série de colonnes juxtaposées et éclairées de côté. Il semble que l'hydrogène fasse défaut dans les atmosphères de ces étoiles, ou du moins elles ne donnent point la raie F caractéristique de ce gaz Les raies minces ont fait place ici à des bandes dégradées; ainsi la raie du sodium est considérablement élargie, ce qui semble indiquer une atmosphère très-absorbante dont la température peut-être est moins élevée que celle des autres étoiles.

Le *quatrième type* contient des étoiles de la sixième grandeur et au-dessous, dont les spectres présentent trois bandes lumineuses jaunes, vertes et bleues, séparées par des espaces obscurs. Du côté du violet ces bandes passent brusquement d'un maximum d'éclat à une obscurité presque absolue; du côté du rouge elles vont en se dégradant lentement : c'est le contraire de ce qui a lieu dans le spectre des étoiles du troisième type, dans lequel c'est la bande obscure qui va en se dégradant et en s'éclaircissant du côté du rouge. Les spectres de ce dernier type se rapprochent de celui du carbone.

Le P. Secchi a trouvé que généralement les étoiles du même type sont groupées ensemble dans une même portion ou dans des portions voisines du ciel.

Il résulte de ces recherches que la plupart des étoiles ou du moins les grandes étoiles doivent avoir la même constitution physique que notre Soleil, tout en en différant par la nature des éléments qu'elles renferment.

Digitized by Google

Étoiles doubles. — Couleur des étoiles.

Un grand nombre d'étoiles, qui paraissent simples à l'œil nu, se dédoublent dans les lunettes, et apparaissent alors comme un système de deux ou plusieurs étoiles tournant les unes autour des autres. Dans la constellation d'*Orion*, il en existe une qui s'est décomposée en un système de 16 étoiles différentes bien distinctes. La durée de leur rotation l'une autour de l'autre peut varier de 60 à 513, et même 1200 années (γ du *Lion*). Ces systèmes se composent la plupart du temps d'une étoile principale blanche et d'étoiles plus petites, sorte de satellites qui apparaissent sous les couleurs les plus variées, bleu, vert ou rouge.

Ces colorations doivent tenir aux degrés divers de développement auxquels certaines étoiles sont parvenues ; en se refroidissant elles passeraient du blanc au bleu, puis au rouge en même temps qu'elles perdraient de leur éclat. La couleur des étoiles ne tient évidemment pas à cette cause seulement, car il en est qui, dans la série des temps ont passé du rouge au blanc comme Syrius, et d'autres du rouge au bleu. Elle tient avant tout au pouvoir absorbant des substances contenues dans l'atmosphère de ces étoiles. Suivant la répartition des raies obscures dans son spectre, une étoile affecte telle ou telle couleur, et, par suite, lorsque la proportion des substances auxquelles ces raies correspondent viennent à varier dans l'atmosphère d'une étoile, la couleur sous laquelle elle apparaît doit changer aussi.

Étoiles changeantes.

Il est d'autres étoiles encore dont l'éclat varie dans des proportions considérables, soit graduellement et dans l'in-

Digitized by Google

tervalle d'une période déterminée, soit brusquement. Les extinctions périodiques peuvent provenir soit du passage, devant l'étoile, d'un corps obscur faisant partie du même groupe qu'elle, soit d'une extinction partielle de l'étoile elle-même, parvenue à un degré plus ou moins avancé de son refroidissement, et qui apparaîtrait plus ou moins brillante, suivant qu'elle présenterait à notre regard des masses encore incandescentes ou des portions déjà solidifiées à sa surface; elles peuvent provenir encore comme les changements de couleur (cette opinion semble confirmée par les observations de M. Miller et du P. Secchi), de la diminution ou de l'augmentation du nombre des raies obscures du spectre de ces étoiles. Ces variations dépendraient alors de l'état de l'atmosphère stellaire, et sont peut-être la conséquence d'un fait analogue aux périodes de maxima et de minima des taches solaires.

Il y a même des étoiles qui apparaissent subitement et avec un grand éclat dans des portions du ciel où l'on ne soupçonnait pas leur existence, ou du moins en un point où l'on avait constaté précédemment la présence d'une étoile d'ordre tout à fait inférieur. C'est ainsi que, dans la nuit du 12 mai 1866, plusieurs astronomes aperçurent dans la constellation *Corona borealis*, une étoile plus éclatante que celle du second ordre, et qui occupait la position du n° 2765 d'Argelander, classée par lui entre la 9me et la 10me grandeur. L'éclat de cette étoile diminua ensuite rapidement, et, à la fin de mai 1866, elle était revenue à la 9me grandeur. Le 15 mai, MM. Huggins et Miller observèrent cette étoile avec le spectroscope et reconnurent que son spectre se composait à ce moment-là de 2 spectres bien distincts superposés l'un à l'autre, le premier continu et sillonné de raies obscures comme celui

Digitized by Google

du Soleil; le second formé de quatre raies brillantes provenant évidemment de gaz incandescents à une température plus élevée que l'atmosphère stellaire, et dont deux coïncidaient avec les raies brillantes rouge et verte de l'hydrogène. Il semble ressortir de là que les phénomènes du genre de celui dont nous venons de parler sont l'effet d'une éruption de gaz incandescents, entraînant avec elle une portion de la masse liquide ou solide dont la température est en même temps considérablement élevée. En effet, non-seulement des lignes brillantes viennent se superposer au spectre continu, mais ce dernier, provenant des substances solides ou liquides, qui forment le corps de l'étoile, devient au même moment considérablement plus brillant qu'auparavant. Il s'éteignit dans la suite beaucoup plus rapidement que le spectre aux lignes brillantes.

M. Schellen, en rapportant ce fait, l'accompagne d'une remarque en effet assez curieuse, c'est que l'épouvantable catastrophe dont l'apparition de l'étoile est venue nous apporter la nouvelle, s'est, sans aucun doute, accomplie bien des années avant que fût inventée l'analyse spectrale qui a permis, au moment de cette apparition, de deviner en partie les circonstances de ce singulier phénomène.

Mesure de la vitesse du mouvement des étoiles.

Avant de terminer ce qui tient aux étoiles, nous rappellerons ici ce qui a été dit ailleurs [1] au sujet d'une application nouvelle et bien inattendue de l'analyse spectrale à la mesure du mouvement relatif des étoiles par rapport à la Terre. L'on comprend, en effet, que la vitesse de ce

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1869, t. XXXV, p. 93, et t. XXXVI, p. 260.

Digitized by Google

mouvement venant s'ajouter ou se retrancher à la vitesse du mouvement vibratoire de l'éther que nous appelons lumière, modifie la longueur d'onde de ses ondulations et produise un déplacement correspondant dans la position que les raies brillantes ou obscures occupe dans le spectre de telle ou telle étoile. La mesure exacte du déplacement de ces raies fournit donc un moyen d'apprécier la vitesse du mouvement relatif des étoiles par rapport à nous. C'est ainsi que l'on a évalué que Sirius s'éloigne de nous avec une vitesse de 29 $^1/_2$ milles anglais à la seconde.

Nébuleuses et amas d'étoiles.

L'étude des nébuleuses n'a pas moins bénéficié des progrès de l'analyse spectrale que celle du Soleil et des étoiles. Le spectroscope a donné une solution au grand problème dont les télescopes n'avaient fait que reculer les limites [1], et qui consiste à savoir si les nébuleuses sont toutes des amas d'étoiles que des instruments, suffisamment puissants, parviendront à résoudre, ou s'il en est de deux catégories, les unes décomposables en petites étoiles, les autres formées de matière cosmique, gazeuse et incandescente. L'on comprend, en effet, que les amas d'étoiles devront donner un spectre analogue à celui des étoiles, spectre continu à raies obscures, tandis que des masses gazeuses incandescentes devront présenter au contraire un spectre à raies brillantes. M. Huggins, qui a observé un très-grand nombre de nébuleuses au spectro-

[1] Lord Rosse réussit, en effet, avec son grand télescope de 22 pieds de long à résoudre en étoiles, la plupart des nébuleuses, que le télescope d'Herschell n'avait pas pu décomposer ; mais en revanche il en trouva d'autres qui résistèrent même à son gigantesque instrument.

Digitized by Google

scope, a reconnu qu'elles se distinguent en effet en deux classes bien différentes :

1° Nébuleuses dont le spectre se compose de lignes brillantes ;

2° Nébuleuses à spectre continu.

Le tiers à peu près de celles qu'il a étudiées appartiennent au premier groupe, et parmi elles il y en a qui, outre les lignes brillantes, présentent un spectre continu très-faible, provenant soit de matière cosmique en train de se solidifier, soit de vapeur en partie condensée et mélangée à la matière gazeuse.

Voici un tableau dressé par lord Oxmantown (aujourd'hui lord Rosse), et donnant le résumé des observations faites avec le télescope de lord Rosse son père, par M. Huggins pour résoudre la question de savoir jusqu'à quel point la classification des nébuleuses en décomposables et non décomposables concorde avec celle qui résulte des observations spectroscopiques.

	Spectre continu.	Spectre à raies brillantes.
Amas d'étoiles	10	0
Nébuleuses résolues ou probablement résolues	10	0
» résolubles ou probablement résolubles.	5	6
» bleues ou vertes probablement pas résolubles	0	4
» non encore reconnues comme résolubles	6	5
	31	15
» non observées par lord Rosse	10	4
Total	41	19

L'accord, on le voit, est très-satisfaisant entre la classification de lord Rosse et celle de M. Huggins ; car, d'une part, la moitié des nébuleuses, à spectre continu, a été résolue en étoiles, et un tiers d'entre elles est probablement

Digitized by Google

résoluble ; d'autre part, aucune de celles qui ont donné un spectre à raies brillantes n'a été considérée par lord Rosse comme positivement résolue.

Il y a plus, les raies composant les spectres des nébuleuses de première classe de M. Huggins indiquent la nature d'une partie des corps que renferment ces amas de matières cosmiques. Ces spectres se composent de 1, 2 ou 3, parfois même 4 raies. La plus brillante appartient à l'azote et se montre quelquefois toute seule, mais elle est la plupart du temps accompagnée de la raie verte de l'hydrogène [1].

Quant au fait que chacun de ces deux corps ne se manifeste que par une seule raie, il semble tenir, d'après les recherches de MM. Frankland et Lockyer, soit à l'éloignement, soit à la basse température de ces masses gazeuses incandescentes. C'est là, cependant, un point qui demande de nouveaux éclaircissements.

Comme exemple nous citerons la nébuleuse annulaire de la *Lyre* qui ne donne qu'une raie brillante, celle de l'azote, les numéros 2098 et 4374 du catalogue d'Herschell qui donnent trois raies brillantes, enfin la nébuleuse en spirale, n° 4964 d'Herschell, qui présente 4 raies dont une comme toujours appartenant à l'azote et une autre à l'hydrogène.

Comètes.

Les dernières années n'ayant été signalées par l'apparition d'aucune comète suffisamment brillante, l'application de l'analyse spectrale à l'étude de ces singulières ap-

[1] La troisième raie brillante du spectre des nébuleuses ne semble pas avoir de correspondant parmi les raies des différents corps simples connus ; elle est très-près d'une des raies du baryum, sans coïncider exactement avec elle.

Digitized by Google

paritions dont l'origine est encore si mystérieuse, n'a point pu fournir de résultats bien significatifs.

Les comètes de *Brorsen* et de *Winnecke*, observées en 1868 par M. Huggins et par le P. Secchi, donnèrent un spectre discontinu composé de 3 bandes lumineuses. La plus brillante était dans le vert, entre *b* et F, et se réduisait, lorsque le temps était assez clair, à une ligne brillante ayant une largeur égale au diamètre apparent du noyau cométaire; la seconde bande, moins brillante, se trouvait dans le vert-jaune; enfin la troisième dans le violet-bleu. Outre ces trois bandes l'on distinguait un spectre continu très-pâle.

Il semble donc ressortir de ces observations que les comètes émettent de la lumière directement, et que celle-ci provient d'un gaz incandescent. A côté de cela, elles réfléchiraient très-faiblement la lumière solaire, de là des traces de spectre continu.

Le P. Secchi compare le spectre des comètes qu'il a étudiées à celui de l'hydrogène carboné; M. Huggins à celui que donne l'étincelle électrique en passant à travers de l'huile d'olive ou à travers du gaz oléfiant.

Nous n'insistons pas davantage sur ces observations qui sont encore trop incomplètes pour qu'on puisse en tirer aucune conclusion certaine. Notre but ici était avant tout de faire un résumé général des beaux travaux du P. Secchi et de MM. Huggins et Miller sur les étoiles. Nous espérons avoir donné une idée exacte des résultats importants que ces infatigables investigateurs ont obtenus, malgré les difficultés pratiques de tous genres qu'ils ont eu à vaincre dans le cours de leurs recherches.

Édouard SARASIN.

Digitized by Google

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

Observations météorologiques faites en 1869 dans les stations forestières du canton de Berne. (*Journal d'Economie forestière*, mars 1870, page 46.)

L'administration des domaines et forêts du canton de Berne a fait établir, depuis le commencement de l'année 1869, trois stations météorologiques spécialement destinées à étudier l'influence des forêts sur le climat. Pour cela, chacune des stations a une double série d'instruments, les uns placés sous bois, les autres en rase campagne, à peu de distance de la forêt.

La première station est dans le Brückwald, forêt de mélèzes d'environ cinquante ans, située près d'Interlaken, à 800 mètres au-dessus du niveau de la mer.

La deuxième est dans le Löhrwald, forêt d'épicéas âgée de quarante ans, près de Herrenschwanden, à environ 1 ¼ lieue au N.-O. de Berne. Elle est située à 500 mètres de hauteur au-dessus de la mer.

Enfin, la troisième est à une hauteur de 450 mètres au-dessus de la mer, dans le Fähiwald, forêt de hêtres de cinquante ans, près de Porrentruy.

Le numéro d'avril 1869 du *Journal suisse d'Économie forestière* donne des détails sur la disposition des appareils. Le numéro de mars 1870 contient le résumé de l'année 1869, tel qu'il suit :

Digitized by Google

Résultats des observations faites dans les stations météorologiques forestières établis dans le canton de Berne.

Année 1869.

STATIONS		Interlaken (Bückwald)	Berne (Löhrwald)	Porrentruy (Fähywald)
HAUTEURS ABSOLUES EN MÈTRES		800	500	450
Moyne de l'humidité rel. °/o	en rase campgne	74,68	78,76	77,97
	en forêt	76,59	87,93	85,07
Température moyne de l'air	en rase campgne	9,82	9,29	9,58
	en forêt	9,39	8,77	8,79
	dans la couronne des arbres	9,62	8,10	9,32
Maximum de température	en rase campgne, au soleil	26 sept. 40,5	30 juillet 42,3	25 sept. 39,0
	en rase campgne, à l'ombre	22 juill. 28,7	30 juill. 29,6	30 juill. 29,5
	en forêt	22 juill. 26,9	30 juill. 26,1	30 juill. 21,0
Minimum de température	en rase campgne	30 déc. −12,0	31 déc. −18,3	28 déc. −14,0
	en forêt	30 déc. −12,0	31 déc. −17,7	28 déc. −12,0
Température moyne des arbres	à hauteur de poitrine	mélèze 8,39	épicéa 6,67	hêtre 8,04
	dans la couronne	9,06	7,88	8,63
Température du sol à la surface	en rase campgne	11,33	10,04	10,65
	en forêt	9,57	7,41	8,52
Tempre moyne du sol à 0m,3 de profr	en rase campgne	10,13	9,44	9,30
	en forêt	8,69	7,30	7,62
Tempre moyne du sol à 0m,6 de profr	en rase campgne	9,96	9,75	9,33
	en forêt	8,69	7,29	7,87
Tempre moyne du sol à 0m,9 de profr	en rase campgne	9,81	9,93	9,52
	en forêt	8,69	6,98	7,85
Tempre moyne du sol à 1m,2 de profr	en rase campgne	9,70	9,78	9,67
	en forêt	8,58	7,11	8,03
Pluie ou neige en millimtres	en rase campgne	1326,0	1134,6	1750,9
	en forêt	1152,6	691,7	1293,6
Nombre des jours de pluie....		126	104	126
Nombre des jours de neige ...		36	37	36
Nombre des jours de gelée....		90	97	87
Nombre des jours sereins.....		44	27	66
Nombre des jours complétement couverts.....		117	123	120
Vents dominants.....		S. O.	N. E.	O.

Digitized by Google

L'influence de la forêt est moins sensible pour la première station. celle d'Interlaken, que pour les deux autres. Cela provient de ce que le peuplement de mélèzes, où se font les observations, est moins serré que les épicéas près de Berne, et les hêtres près de Porrentruy.

On voit que les extrêmes de température sont moins prononcés sous bois que hors bois. La moyenne générale de la température est un peu moins élevée dans la forêt qu'en rase campagne; celle du sol également.

La quantité de pluie ou de neige qui tombe, ou du moins celle qui parvient au pluviomètre, est plus faible en forêt qu'en rase campagne. E. R.

Edward Hull. Observations sur la température des couches inférieures de la terre, faites a l'occasion du foncement de la houillère de Rose-Bridge dans le Lancashire. (*Proceedings of the Royal Society*, tome XVIII, n° 116.)

L'auteur rend compte, en premier lieu, d'une série d'expériences faites dans l'un des points de la houillère de Dukenfield dans le Cheshire. L'accroissement de température entre la profondeur de 214 mètres et 407 mètres s'est trouvée être de 0°,55 C. pour chaque 20,2 mètres. La profondeur du puits ayant été portée à 659 mètres, on a trouvé qu'un thermomètre, plongé dans la couche d'argile schisteuse, recouvrant la couche de charbon, accusait la température de 24°. En estimant à 10°,50 la température de la couche invariable, située, d'après Humbold, à 5,5 mètres au-dessus de la surface du sol, l'augmentation totale de température serait de 13°,5, soit, en moyenne, 1° C. pour chaque 48 mètres d'enfoncement. Ainsi que le fait remarquer l'auteur, ce chiffre est passablement inférieur aux résultats acquis jusqu'à ce jour.

Des observations analogues, faites en 1856 dans une houil-

Digitized by Google

lère située à Wigan, où l'on avait atteint la profondeur de 552 mètres, ont accusé 22°,2 pour la température à cette profondeur, ce qui, en attribuant la même température de 10°,5 à la couche invariable, donnerait un accroissement de 1° pour chaque 47 mètres. Plus tard, en 1868-69, le propriétaire des houillères de Rose-Bridge, dans le Lancashire, a porté la profondeur de l'un de ses puits à 743 mètres. Le directeur des travaux, M. Bryham, convaincu de l'importance qu'il y avait à ce que, à une profondeur aussi exceptionnelle, les observations de température fussent faites avec un très-grand soin, crut devoir opérer comme suit. Chaque fois qu'on atteignait une couche de nature favorable, soit de houille, soit de schiste argileux, on perçait un trou dans la couche solide jusqu'à la profondeur d'un mètre. Ce trou ayant été rempli d'eau, on y introduisait un thermomètre. On bouchait hermétiquement le tout avec un tampon d'argile, et on ne retirait le thermomètre qu'après s'être assuré, par des essais préliminaires, qu'il était resté un temps suffisant pour prendre la température exacte du milieu dans lequel il se trouvait. Pendant qu'on déterminait ainsi la température des différentes couches solides, des observations correspondantes étaient faites sur la température de l'air de la mine à la même profondeur. On remarquera, en comparant les résultats obtenus dans les trois colonnes du tableau ci-annexé, qu'à mesure que la profondeur croît, la différence entre la température de la couche solide et celle de l'air voisin tend à augmenter. En d'autres termes, la température de la couche solide croît plus rapidement que celle de l'air environnant.

Pour déterminer l'augmentation moyenne de chaleur, telle qu'elle résulte des expériences faites dans la houillère de Rose-Bridge, l'auteur a estimé à 10° C. la température de la couche invariable située à la profondeur de 15 mètres au-dessous de la surface du sol, température qui correspond, en effet, à la température moyenne du lieu. La température la plus élevée, accusée par le thermomètre plongé dans la cou-

Digitized by Google

che solide à la profondeur de 743 mètres, était de 34°,1, ce qui indique un décroissement moyen de 1° C. pour chaque 30,2 mètres d'enfoncement. L'auteur attribue la différence notable entre ce résultat, et celui obtenu dans la houillère de Dukenfield, à une dissemblance dans la position et dans l'inclinaison des couches.

Tableau des observations faites à la houillère de Rose-Bridge, dans le Lancashire.

Profondeur en mètres.	Température de la couche solide.	Température de l'air environnant.
15	10°	.....
148	18,06	.....
173	19	.....
505	25,55	.....
551	26,66	.....
579	28,33	22,80
611	29,44	23,90
619	29,98	24,44
643	30,54	24,44
676	31,40	24,44
688	31,68	25,00
700	32,50	25,55
711	33,00	26,65
719	33,32	26,10
736	33,85	26,10
743	34,10	26,10

Il nous sera permis de rappeler ici les observations faites sur le même sujet, en 1834, par MM. de la Rive et Marcet, à l'occasion d'un essai de perforation d'un puits artésien à Pregny, dans le voisinage de Genève, où l'on est arrivé à la profondeur de 682 pieds sans trouver de l'eau jaillissante[1]

[1] *Mémoires de la Société de physique et d'histoire natur. de Genève*, t. VI (2me partie). — *Edinburgh new Philosophical Journal*, t. XLIX (1835). — *Frorieps Notizen*, t. XXII (1834). — *Journal de Silliman*, t. XXVII.

Digitized by Google

Il est difficile de ne pas être frappé du rapprochement remarquable entre les résultats qu'ils ont obtenus, et ceux auxquels est arrivé, trente-six ans plus tard, l'auteur du Mémoire dont nous venons de rendre compte. En effet, tandis que M. Hull a constaté, comme nous venons de le voir, dans une mine du Lancashire, une augmentation moyenne de 1° C. pour chaque enfoncement de 30,2 m., MM. de la Rive et Marcet ont trouvé qu'à partir de la profondeur de 100 pieds, l'accroissement de la température en descendant suivait, jusqu'à 680 pieds, limite de leurs observations, une progression uniforme et régulière de 1° C. pour chaque enfoncement de 29,7 mètres. Des résultats aussi rapprochés nous paraissent dignes d'être remarqués, surtout lorsqu'il s'agit d'observations faites dans deux pays qui se trouvent, sous autant de rapports, dans des conditions aussi différentes que la Suisse et l'Angleterre.

Digitized by Google

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'AVRIL 1870.

Le 1er, bise assez forte jusque dans l'après midi.
3, 4, 5, gelée blanche le matin.
7, faible halo lunaire dans la soirée.
8, 9, faible gelée blanche le matin.
10, couronne lunaire dans la soirée.
11, gelée blanche le matin.
12, gelée blanche le matin; bise assez forte dans la journée.
13, gelée blanche le matin.
15, la bise se lève vers midi et souffle avec force jusqu'au 17 au soir.
19 et 20, gelée blanche le matin.
21, halo solaire de 3 1/4 h. à 5 1/2 h.; couronne solaire dans l'après-midi.
28 et 29, bise assez forte; le 29, à 2 1/4 h. il est tombé un peu de grésil.
30, gelée blanche le matin.

Digitized by Google

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

		mm
Le 5	à 10 h. matin	735,92
14	à 10 h. matin	733,10
16	à 10 h. soir	734,12
25	à 8 h. matin	735,83
30	à 10 h. soir	725,18

MINIMUM.

		mm
Le 9	à 3 h. après midi	720,21
15	à 4 h. après midi	731,27
19	à 6 h. soir	728,66
29	à 11 h. matin	720,48

Digitized by Google

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm.
1	724,70	+ 0,30	+ 3,94	—2,82	+ 3,3	+ 6,2	4,61	—0,55	784	+ 61	670	820	...	...	N. 2	1,00	5,0	— 2,3	82
2	728,08	+ 3,68	+ 4,60	—2,30	+ 2,8	+ 8,5	4,53	—0,68	734	+ 12	550	760	...	...	N. 1	0,40	5,7	— 1,7	81
3	731,98	+ 7,58	+ 5,15	—1,88	— 1,4	+11,3	3,98	—1,28	619	—102	430	880	...	...	N. 1	0,02	--	—	80
4	732,58	+ 8,18	+ 6,22	—0,95	— 0,1	+11,1	4,06	—1,25	591	—130	450	840	...	..	N. 1	0,00	7,1	— 0,4	78
5	734,68	+10,27	+ 5,71	—1,59	— 0,2	+12,1	4,49	—0,86	671	— 49	420	860	...	...	N. 1	0,04	7,2	— 0,4	76
6	732,45	+ 8,04	+11,28	+3,84	+ 4,9	+18,1	4,77	—0,63	524	—195	270	880	...	...	SSO. 1	0,17	7,5	— 0,2	76
7	728,27	+ 3,86	+10,21	+2,64	+ 6,4	+16,6	5,57	+0,12	629	— 89	400	770	...	...	variable	0,73	7,8	0,0	76
8	722,96	— 1,45	+ 9,24	+1,53	+ 3,3	+16,1	5,43	—0,07	651	— 67	390	910	...	...	N. 1	0,13	7,9	0,0	77
9	721,01	— 3,41	+10,87	+3,02	+ 3,9	+18,6	5,35	—0,20	588	—129	290	800	...	...	SO. 1	0,79	7,7	— 0,2	78
10	725,50	+ 1,08	+ 8,77	+0,78	+ 6,8	+11,8	6,21	+0,61	766	+ 50	540	850	3,1	5	variable	0,79	—	—	78
11	729,27	+ 4,85	+ 7,32	—0,81	+ 1,9	+12,2	4,88	—0,77	659	— 56	430	920	...	...	N. 1	0,22	8,5	+ 0,4	78
12	729,29	+ 4,87	+ 8,16	—0,11	+ 3,4	+12,9	4,37	—1,32	572	—142	310	750	...	...	N. 2	0,00	8,7	+ 0,5	80
13	730,93	+ 6,51	+ 9,64	+1,23	+ 1,0	+17,7	4,65	—1,09	559	—155	270	800	...	...	N. 2	0,01	8,5	+ 0,2	81
14	732,39	+ 7,96	+10,72	+2,17	+ 3,3	+18,1	5,08	—0,71	554	—159	310	780	...	...	variable	0,76	8,7	+ 0,3	79
15	731,74	+ 7,31	+ 8,62	—0,07	+ 4,5	+12,7	4,58	—1,26	577	—135	330	810	...	...	N. 2	0,64	8,9	+ 0,5	78
16	733,14	+ 8,69	+ 7,89	—0,93	+ 4,0	+12,0	4,44	—1,46	582	—130	430	660	...	...	NNE. 3	0,07	9,1	+ 0,6	78
17	731,51	+ 7,04	+ 9,93	+0,97	+ 5,0	+15,9	5,01	—0,96	583	—129	360	720	...	...	NNE. 2	0,00	—	—	78
18	730,60	+ 6,11	+ 8,24	—0,86	+ 5,9	+13,4	6,09	+0,06	768	+ 56	610	810	...	...	N. 1	0,38	9,0	+ 0,3	78
19	730,23	+ 5,73	+11,31	+2,07	+ 3,2	+17,2	5,57	—0,53	577	—135	370	830	...	...	N. 1	0,00	9,6	+ 0,8	78
20	730,47	+ 5,95	+13,80	+4,42	+ 3,9	+23,0	5,59	—0,57	515	—197	176	880	...	...	variable	0,02	9,9	+ 1,0	78
21	731,92	+ 7,38	+13,58	+4,05	+ 7,0	+20,5	5,66	—0,57	514	—198	320	750	...	...	N. 1	0,17	9,6	+ 0,6	81
22	732,32	+ 7,76	+14,93	+5,26	+ 6,8	+24,0	5,56	—0,73	478	—234	159	730	...	...	N. 1	0,11	11,0	+ 1,9	82
23	732,58	+ 8,00	+14,35	+4,54	+ 6,5	+23,0	7,33	+0,97	635	— 77	350	980	6,3	6	SO. 1	0,68	11,3	+ 2,1	83
24	734,46	+ 9,86	+12,41	+2,46	+10,0	+18,8	7,60	+1,18	737	+ 25	470	1000	...	...	N. 1	0,79	—	—	85
25	734,72	+10,10	+11,56	+1,47	+ 5,8	+17,2	5,70	— 0,79	586	—126	330	780	...	...	N. 1	0,13	11,7	+ 2,3	86
26	731,52	+ 6,88	+12,93	+2,69	+ 5,2	+20,6	6,25	—0,30	584	—128	340	790	...	...	N. 1	0,08	11,8	+ 2,3	87
27	726,06	+ 1,41	+12,33	+1,95	+ 8,8	+19,0	5,98	—0,64	575	—137	480	700	0,7	1	variable	0,83	11,8	+ 2,3	90
28	724,76	+ 0,09	+ 7,24	—3,28	+ 2,6	+11,8	3,30	—3,38	470	—242	300	630	...	...	NNE. 2	0,38	11,7	+ 2,1	90
29	721,01	— 3,68	+ 5,71	—4,95	+ 3,3	+ 9,2	3,48	—3,27	538	—174	400	590	...	...	NNE. 2	0,60	11,5	+ 1,8	94
30	724,17	— 0,54	+ 7,12	—3,69	+ 1,0	+14,0	3,24	—3,57	471	—241	300	760	...	...	variable	0,28	11,1	+ 1,3	91

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	3 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	728,57	728,79	728,81	728,30	727,73	727,44	727,57	728,24	728,63
2e «	731,44	731,66	731,57	731,06	730,50	729,97	730,15	730,81	731,24
3e «	730,12	730,11	729,79	729,32	728,82	728,44	728,50	729,23	729,40
Mois	730,04	730,18	730,06	729,56	729,02	728,62	728,74	729,43	729,76
Température.									
	°		°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+ 3,31	+ 6,13	+ 8,27	+10,35	+11,84	+12,21	+10,68	+ 8,71	+ 7,14
2e «	+ 4,48	+ 8.22	+11,31	+12,67	+13,41	+14,64	+13,31	+10,61	+ 9,19
3e «	+ 6,89	+10,90	+13,12	+14,97	+15,40	+15,46	+13,95	+11,58	+10,00
Mois	+ 4,89	+ 8,41	+10,90	+12,66	+13,55	+14,10	+12,65	+10,30	+ 8,78
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1er décade	4,95	5,14	5,22	4,91	4,88	4,60	4,87	5,05	4,94
2e «	4,99	5,40	5,13	5,01	4,94	4,57	4,87	5,36	5,41
3e «	5,63	5,72	5,60	5,62	5,24	5,17	5,23	5,47	5,43
Mois	5,19	5,42	5,32	5,18	5,02	4,78	4,99	5,29	5,26
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	837	715	630	536	491	447	532	602	649
2e «	796	667	520	465	430	379	438	570	624
3e «	739	572	493	438	400	386	431	531	576
Mois	791	651	548	480	440	404	467	568	616

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	cm
1re décade	+ 2,97	+13,04	0,41	6,99	3,1	78,2
2e «	+ 3,61	+15,51	0,21	8,99	0,0	78,6
3e «	+ 5,70	+17,81	0,40	11,28	7,0	86,9
Mois	+ 4,09	+15,45	0,34	9,17	10,1	81,2

Dans ce mois, l'air a été calme 2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,59 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 4°,1 E., et son intensité est égale à 67,8 sur 100.

Digitized by Google

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AVRIL 1870.

Le	1,	brouillard	la plus grande partie de la journée.
	6,	id.	jusqu'à 2 h. de l'après-midi.
	9,	id.	tout le jour.
	10,	id.	depuis 10 h. du matin.
	11,	id.	jusqu'à 10 h. du matin et depuis 6 h. du soir.
	14,	id.	depuis 2 h. du soir.
	15,	id.	la plus grande partie de la journée.
	16,	id.	toute la journée.
	23,	id.	jusqu'à 8 h. du matin.
	24,	id.	tout le jour.
	25,	id.	jusqu'à 8 h. du matin et depuis 8 h. du soir.
	27,	id.	une grande partie de la journée.
	28,	id.	presque tout le jour.
	29,	id.	toute la journée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM				mm
Le	5 à	2 h.	après midi. ...	569,52
	13 à	10 h.	soir....	567,87
	22 à	10 h.	matin..... .	571,17

MINIMUM.				mm
Le	9 à	10 h.	soir	559,89
	15 à	2 h.	après midi	564,13
	29 à	8 h.	matin.....	554,15

Digitized by Google

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.		Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim				
1	558,96	— 1,39	557,75	559,91	— 4,06	+ 1,42	— 6,3	— 0,8	.....	.....	....	SO.	1	0,87
2	562,26	+ 1,86	560,01	563,93	— 5,07	+ 0,29	— 8,0	— 1,8	.....	.....	....	NE.	1	0,00
3	565,99	+ 5,53	564,68	566,75	— 4,09	+ 1,15	— 6,0	— 0,8	.....	.....	....	NE.	1	0,00
4	567,26	+ 6,74	566,39	568,42	— 2,64	+ 2,48	— 7,1	+ 2,8	.....	.....	....	NE.	1	0,00
5	569,22	+ 8,64	568,53	569,52	— 3,58	+ 1,41	— 6,3	— 0,3	.....	.....	....	SO.	1	0,11
6	568,20	+ 7,56	567,73	568,74	— 5,76	— 0,90	— 8,5	— 2,0	.....	.....	....	SO.	1	0,69
7	563,94	+ 3,23	562,84	565,17	— 4,97	— 0,23	— 8,2	— 1,5	.....	.....	....	SO.	1	0,53
8	560,67	— 0,11	560,35	561,17	— 5,16	— 0,55	— 7,8	— 2,4	.....	.....	....	SO.	1	0,16
9	560,22	— 0,63	559,89	560,75	— 6,01	— 1,53	— 7,5	— 3,2	.....	.....	....	SO.	1	0,89
10	561,41	+ 0,49	560,49	562,68	— 3,95	+ 0,40	— 7,3	+ 0,5	.....	.....	....	SO.	1	0,86
11	563,27	+ 2,28	562,38	564,10	— 6,62	— 2,40	— 9,0	— 3,1	.....	.....	....	NE.	1	0,81
12	564,30	+ 3,24	563,41	565,51	— 4,95	— 0,86	— 9,4	— 0,8	.....	.....	....	NE.	1	0,00
13	566,77	+ 5,63	565,51	567,87	— 2,93	+ 1,03	— 6,2	+ 0,5	.....	.....	....	NE.	1	0,06
14	567,01	+ 5,79	566,63	567,70	— 3,76	+ 0,07	— 4,7	— 0,6	.....	.....	....	NE.	3	0,84
15	564,27	+ 2,97	564,13	564,53	— 6,43	— 2,74	— 7,8	— 3,2	.....	.....	....	NE.	2	0,79
16	565,91	+ 4,53	564,16	566,92	— 6,60	— 3,05	— 9,7	— 2,2	.....	.....	....	NE.	1	0,87
17	566,57	+ 5,11	566,43	566,88	— 3,08	+ 0,33	— 6,2	— 0,2	.....	.....	....	SO.	1	0,04
18	566,94	+ 5,40	565,71	568,04	— 3,86	— 0,59	— 5,4	— 0,8	.....	.....	....	calme		0,36
19	568,20	+ 6,58	567,80	568,72	+ 4,40	+ 7,53	— 2,2	+ 8,2	.....	.....	....	SO.	1	0,00
20	569,77	+ 8,06	569,19	570,42	+ 1,59	+ 4,58	— 2,4	+ 5,0	.....	.....	....	NE.	1	0,06
21	570,31	+ 8,51	570,12	571,01	+ 2,94	+ 5,79	— 0,5	+ 6,2	.....	.....	....	NE.	1	0,10
22	570,90	+ 9,01	570,70	571,17	+ 2,98	+ 5,69	+ 0,7	+ 6,0	.....	.....	....	NE.	1	0,27
23	569,97	+ 7,99	569,68	570,31	+ 0,12	+ 2,69	— 2,6	+ 4,4	.....	.....	....	NE.	1	0,70
24	569,90	+ 7,83	569,78	570,12	— 1,34	+ 1,09	— 1,7	+ 1,0	—	1,7	2	NE.	1	0,99
25	569,99	+ 7,83	569,30	570,36	— 1,86	+ 0,43	— 3,4	+ 0,5	.....	.....	....	NE.	1	0,69
26	569,02	+ 6,77	568,24	569,62	+ 2,45	+ 4,59	— 1,9	+ 6,0	.....	.....	....	NE.	1	0,08
27	563,42	+ 1,08	561,88	565,65	— 1,89	+ 0,10	— 5,6	+ 2,4	60	10,0	4	NE.	1	0,91
28	558,20	— 4,23	556,41	559,62	— 7,82	— 5,97	— 9,2	— 3,4	.....	.....	....	NE.	1	0,91
29	554,75	— 7,77	554,15	556,21	— 9,27	— 7,56	—10,0	— 6,6	.....	.....	....	NE.	2	0,98
30	558,39	— 4,23	556,74	560,51	— 8,39	— 6,82	—12,2	— 5,2	.....	.....	....	NE.	1	0,31

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	563,28	563,55	563,74	563,86	563,90	563,91	564,05	564,24	564,27
2e »	565,67	565,91	566,21	566,31	566,40	566,44	566,57	566,74	566,96
3e »	565,62	565,64	565,69	565,63	565,55	565,42	565,38	565,43	565,50
Mois	564,85	565,03	565,21	565,27	565,28	565,26	565,33	565,47	565,58
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	— 6,96	— 4,07	— 2,49	— 1,44	— 1,37	— 1,89	— 4,42	— 5,54	— 6,15
2e »	— 6,25	— 3,21	— 2,08	— 0,52	+ 0,04	— 0,35	— 2,18	— 3,96	— 4,08
3e »	— 4,05	— 1,95	— 0,79	— 0,04	+ 0,74	+ 0,30	— 1,45	— 2,91	— 3,30
Mois	— 5,75	— 3,08	— 1,79	— 0,67	— 0,20	— 0,65	— 2,68	— 4,14	— 4,51

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade	— 7,30	— 1,05	0,41	0,0	0
2e »	— 6,30	+ 0,28	0,38	0,0	0
3e »	— 4,64	+ 1,13	0,59	11,7	60
Mois	— 6,08	+ 0,12	0,46	11,7	60

Dans ce mois, l'air a été calme 12,6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,00 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 48,9 sur 100.

* Voir la note du tableau.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

LA GROTTE DU SCÉ

PRÈS VILLENEUVE[1]

STATION SUISSE DU RENNE

Les premiers vestiges de l'homme contemporain du Renne ont été découverts dans nos Alpes en 1834, par M. L. Taillefer, au fond d'une excavation des éboulis de Veyrier près Genève[2]. Ils consistaient en ossements nom-

[1] Cette note a été communiquée à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, en décembre 1869.

[2] Je crois devoir donner ici le passage suivant tiré d'une lettre que m'écrivit naguère à ce sujet M. L. Taillefer.

« Ce fut en 1834 que je découvris dans les éboulis de Veyrier une sorte de grotte remplie d'un vrai macadam calcaire, mêlé d'une masse d'ossements brisés qui formaient avec les cailloux un béton assez dur. La pioche détachait de cette brèche des morceaux de conglomérat qui se présentaient tout hérissés de fragments d'os ayant chacun leur gangue. Dans le nombre il se trouva une rondelle provenant de la partie postérieure d'un crâne de cheval et que l'on prit d'abord pour un fragment de crâne humain. Le bétonnage qui formait le plancher de la grotte avait 6-8 pouces d'épaisseur. Il contenait de nombreux os longs concassés, des ossements de divers petits mammifères, de rongeurs et d'oiseaux ; de petits fragments de charbon de bois et de terre rougie par la cuisson; quelques stries de cendres durcies ; mais aucun débri de poterie ni de briques; enfin des silex taillés. Ceux-ci offraient tous la même apparence; ils avaient une couleur café au lait clair, bien différente en cela des silex de la vallée du Léman qui sont toujours noirs et souvent plus ou moins lamelleux. La taille était de forme prismatique et pyramidale, et paraissait obtenue par un procédé particulier ; d'un côté ils étaient arrondis et comme polis, de l'autre ils étaient bruts ; ils avaient en général deux pouces de longueur. Le plus grand nombre fut trouvé réuni en un seul petit tas. Je n'avais jamais entendu parler de tels silex, mais j'ai appris depuis que M. Le Hon en a constaté ailleurs l'existence.

« Dans le même gisement j'ai trouvé aussi une aiguille en os, de

Digitized by Google

breux d'animaux, et en silex taillés, ayant presque tous la forme de racloirs, tranchants sur l'un des bords. Cette découverte n'a pas d'abord attiré l'attention comme elle le méritait. Ce ne fut que plus tard, lorsque M. Lyell eut pris connaissance des ossements et qu'il y eut reconnu de nombreux débris du Renne qu'elle prit aux yeux des géologues une véritable importance. La station de Veyrier a acquis, dans ces dernières années, une célébrité toute particulière, grâce aux fouilles si riches en résultats qu'y ont exécutées M. le Dr H. Gosse et M. Thioly.

Mais jusqu'à ce jour le gisement de Veyrier était resté un fait isolé; aucun autre analogue n'avait été reconnu dans la partie occidentale des Alpes, et l'on ne connaissait rien de semblable en Suisse, lorsque M. Taillefer, si heureux déjà dans ses explorations du pied du Salève,

forme conique, ayant pu servir à coudre les peaux ou à faire la maille des filets, et une coquille marine non perforée, appartenant à la forme des *Vénus*. J'ai, du reste, trouvé des coquillages du même genre aux Eaux-Vives sur la grève du lac et au pied du Jura. Enfin le Dr Mayor père, qui fit après moi fouiller l'excavation que j'avais ouverte, me montra un bois de cerf provenant du même gisement.

« J'avais ramassé toute une caisse d'objets dans ma grotte de Veyrier. Malheureusement ils n'ont pas été déposés au Musée de Genève, et après un moment d'étonnement causé par cette découverte, on ne s'en est plus occupé. Les pièces de la collection que j'avais formée, confiées à diverses personnes qu'elles semblaient intéresser, furent envoyées de droite et de gauche, et finirent par être dilapidées dans diverses directions. Il n'en a subsisté qu'un petit nombre qui ont été sauvées de l'oubli par le Dr Gosse. Parmi les dents, il s'en est trouvé appartenant au renne, qui ont été déterminées par M. Lyell à son passage à Genève. L'inspection d'ensemble de la grotte, dont j'ai tiré tous ces débris, ne permet pas de douter qu'elle ait servi d'habitation. Le plancher était littéralement pavé de débris de cuisine. Quant au reste de l'excavation il a dû s'obstruer par les éboulements et par l'action des eaux. — Notons enfin que la grotte ne contenait aucun os de poisson, aucun reste de bois, etc..... »

Digitized by Google

réussit à découvrir une nouvelle station du Renne à l'autre extrémité de notre lac, dans les environs de Villeneuve.

Ici, de même qu'au pied du Salève, l'homme contemporain du Renne a habité les cavernes; il paraît donc avoir mené partout le même genre de vie. Mais, comme chez nous les grottes qu'un accès facile rendaient propres à servir de demeure ne sont pas nombreuses, et que d'ailleurs la plupart de celles qui se trouvent dans ces conditions ont été anciennement fouillées, il n'est pas étonnant que les vestiges de leurs premiers habitants soient beaucoup plus rares que les débris qu'ont laissés les populations lacustres.

On trouve immédiatement au-dessus de Villeneuve une petite grotte qui s'ouvre du côté du lac dans une grande motte de nagelflue nommée le *Scé du Châtelard* [1], qui s'élève du milieu des vignes et qui jadis était couronnée par un château.

Je dois dire en passant que ce gisement des poudingues ne se trouve consigné que je sache sur aucune carte géologique, bien que le rocher du Scé soit certes assez apparent, et que la couche de poudingue, dont il fait partie, reparaisse au jour le long des rives du lac entre Villeneuve et Montreux, et semble se prolonger au fond des eaux jusqu'au delà de cette localité.

La grotte que je viens de mentionner, connue sous le nom de *Grotte du Scé*, n'est ni vaste ni profonde; mais elle offrait cependant un abri commode, ayant environ

[1] Ce nom ne paraît pas avoir une origine celtique, mais être simplement dérivé du latin *Saxum*. Il est du reste assez commun à l'extrémité orientale du lac. Près de Charmex on trouve « *le scé qui piau,* » le rocher qui pleut; près de Vouvrez on connaît la « *porte du scé,* » etc.

Digitized by Google

15 à 20 pieds de profondeur, et une assez grande hauteur. Elle est due à une faille, élargie vers le bas, et qui se prolonge jusqu'au sommet du rocher. C'est au fond de cette grotte que M. Taillefer trouva, en 1868, un squelette humain sans tête, ainsi que divers os brisés intentionnellement, qui indiquaient, d'une manière irrécusable, l'habitation de l'homme à une époque fort reculée. Sur son avis, je m'empressai de me rendre sur les lieux, et après y avoir constaté l'existence d'ossements nombreux, je me décidai à exécuter une fouille complète en compagnie de l'auteur de cette découverte.

Avant de parler du résultat de cette fouille, il importe de donner ici quelques indications sur la grotte elle-même et sur les objets qui en avaient déjà été retirés. L'entrée en est large et élevée; les parois en sont irrégulières et n'ont point été élargies de main d'homme; elles se composent d'un poudingue brecheux à pâte siliceuse qui résiste à la pioche. De droite et de gauche se trouvent des enfoncements naturels qui forment des tablettes, sur lesquelles nous n'avons rien trouvé. Le fond, qui se rétrécit beaucoup, était rempli d'un tuf récent assez tendre, déposé par les infiltrations régulières des eaux qui s'échappent des fentes du roc. Ce tuf ne nous a offert aucun objet intéressant. Sur l'un des côtés du cul-de-sac terminal est une niche circulaire de quelque profondeur, qui pourrait au besoin servir de réduit à un homme, à supposer qu'il s'y logeât dans une position couchée et très-ramassée. C'est en la vidant que M. Taillefer a découvert, roulé en demi-cercle, suivant les parois de l'excavation, un squelette humain sans tête, recouvert d'un macadam concrétionné, et quelques dents humaines. On ne saurait dire toutefois si ce squelette remonte

Digitized by Google

ou non à une très-haute antiquité; on y peut voir une simple sépulture aussi bien que les restes d'un troglodyte mort dans son réduit, et dont la tête aurait disparu à une époque plus ou moins ancienne. Il est doublement regrettable que le crâne, qui aurait peut-être fourni quelques indications instructives, ne se soit pas retrouvé.

En grattant la terre de cette même niche, M. Taillefer a trouvé deux fragments, l'un d'une pâte très-grossière, l'autre de pâte plus fine d'une poterie noire, lisse, à cassure rude et criblée de grains blancs et parsemée, dans la pâte, de paillettes de mica jaune, qui semblent y avoir été introduites intentionnellement. Or, suivant M. d'Estorff [1], l'usage d'introduire des paillettes de mica dans la pâte, semble avoir été répandu en Hanovre dans les temps préhistoriques, et les nombreuses poteries qu'il a découvertes dans les tombeaux de ce pays présentent très-souvent ce caractère. Il convient toutefois de faire remarquer que ce même caractère se retrouve dans certaines poteries grises qui ne remontent pas à une époque très-reculée. Grâce à l'obligeance de M. Desor, il m'a été possible d'examiner un fragment de ce genre provenant des graviers de la Tine, où il était associé a de la poterie gauloise et à des briques romaines. Ce fragment nous a paru offrir la plus grande ressemblance avec celui de la grotte du Scé.

Passons maintenant à la fouille que nous avons exécutée.

Tout le sol de la caverne était couvert d'un lit épais de cailloux, en majeure partie calcaire, provenant des alluvions environnantes, mêlés de cailloux siliceux tombés

[1] Archéologue bien connu par ses explorations dans le Hanovre, alors en séjour chez M. Taillefer.

Digitized by Google

des parois de la grotte ou charriés plus anciennement par les eaux. La paroi du côté sud est extrêmement surbaissée; elle est formée par une couche qui rencontre le plancher en angle aigu, et l'espace étroit qui subsiste entre cette paroi et le plancher était entièrement obstrué par un macadam résistant, agglutiné par des infiltrations calcaires. C'est dans cet espace, où l'on ne peut pénétrer que dans une position couchée, que nous avons trouvé des os brisés en grande abondance. La consistance solide du gravier qui le remplissait était presque de nature à faire confondre, à première vue, le remplissage avec le poudingue même des parois, en sorte que les visiteurs qui m'avaient précédé avaient pu se figurer que les ossements se trouvaient réellement enchâssés dans le poudingue même de la montagne. Il importe donc que je signale cette circonstance qui pourrait donner lieu à une grave confusion et qui même a failli m'induire un instant en erreur. Après que j'eus fait fouiller tout le remplissage de la grotte en le renversant d'arrière en avant par fossés successifs, et que j'eus fait déblayer toute l'encoignure remplie par les graviers concrétionnés, la distinction entre le remplissage et le poudingue devint très-nette, et il ne subsista plus le moindre doute, quant à la différence fondamentale qui doit être établie entre l'une et l'autre de ces formations, quelle que fût la dureté de la première. En effet, la partie latérale de la grotte une fois vidée, la paroi oblique qui en forme le toit, se présenta parfaitement distincte, encore encroûtée d'une couche de cette concrétion qui, en pénétrant dans les graviers meubles, avait contribué à les durcir et à leur donner une apparence trompeuse, assez analogue à celle du poudingue.

La fouille fut poussée partout jusqu'au plancher de la

Digitized by Google

grotte, soit jusqu'au roc vif, à l'exception d'une petite surface que nous jugeâmes inutile de remuer. Les objets qui furent ainsi amenés au jour sont les suivants :

1° *Ossements.*— Environ 2—300 débris d'ossements, à peu près tous fendus en long ou brisés violemment. Ils consistaient surtout en os longs d'animaux divers; un grand nombre de fragments avaient l'une des extrémités brisée ou fendue en bizeau, mais aucun ne paraissait avoir été façonné, ni à la hache, ni à la meule. Nous n'avons donc rencontré que des débris de cuisine, mais parmi ces restes de médiocre intérêt il s'est trouvé des fragments de mâchoires et un grand nombre de dents intactes, appartenant à diverses espèces. Tous ces ossements étaient fort bien conservés, jaunes, durs, ayant fort peu l'apparence fossile et n'ayant pas passé au brun-noirâtre. Ils furent presque tous trouvés le long de la paroi oblique du toit, dans l'étroite encoignure formée par sa rencontre avec le plancher, et enchâssés dans la brèche de graviers concrétionnés qui remplissait ce vide. La brèche en était même par places toute pétrie. Je m'expliquai pourquoi les ossements ne se rencontraient en abondance que dans cette encoignure latérale, en apprenant que le milieu de la grotte avait été vidé quelques années auparavant par des vignerons qui en avaient sorti une terre noire assez abondante, propre à fertiliser les vignes, et n'y avaient laissé que les cailloux, tandis que la partie latérale, qui ne contenait aucune terre n'avait pas été fouillée.

2° Nous trouvâmes aussi les fragments d'une dalle en grès de $^1/_2$ pouce d'épaisseur, assez bien conservés pour permettre de juger qu'elle avait dû être ronde. Je suppose que cette dalle avait pu servir de plat à cuire ou de grilloire. De nos jours encore les Américains font cuire

Digitized by Google

les galettes de maïs, les grosses larves d'insectes et autres friandises, en les jetant un instant sur un simple plateau de terre supporté par des pierres et sous lequel on amasse des braises.

3° La présence du mica dans la poterie trouvée par M. Taillefer semblerait pouvoir se lier à la rencontre que je fis de trois masses arrondies de la grandeur d'une pomme, d'un mica jaune doré friable. Ces masses, qui étaient mêlées aux cailloux du fond de la grotte, se composaient presque exclusivement et sans autre gangue, d'un beau mica jaune, analogue à celui qui se trouvait disséminé dans la poterie[1]. Aucune trace de ce minéral ne s'étant retrouvée dans les poudingues du rocher, ni parmi les cailloux des environs, nous avons dû supposer que ces boules de mica étaient d'importation extérieure et que leur substance était peut-être utilisée pour la fabrication ou l'ornementation de la poterie.

4° En fait d'objets taillés ou confectionnés, la grotte du Scé n'a fourni que quelques silex que M. Desor a bien voulu examiner. Ce sont:

Un petit grattoir fait d'un silex jaune un peu jaspoïde, poli sur l'une de ses faces et soigneusement travaillé à la manière de ceux de la pierre polie.

Un autre grattoir en silex blond, non-seulement taillé

[1] Ce n'étaient point des morceaux de micaschiste, mais des masses exclusivement composées de mica jaune, et parfaitement friables, telles qu'il s'en rencontre peut-être dans les Alpes, mais en tout cas pas à proximité de Villeneuve, puisque toutes les montagnes environnantes sont de formation calcaire. — Les poteries celtiques contiennent toujours une multitude de grains siliceux et souvent des paillettes de mica, comme on en trouve guère dans nos argiles grasses. Ce sont là précisément les éléments des micaschistes, et il est à supposer que l'on pulvérisait cette roche et qu'on en mêlait la poudre à l'argile pour donner aux poteries plus de solidité.

Digitized by Google

à la manière des instruments de silex, mais encore retouché sur ses bords.

Deux gros éclats de silex blond provenant probablement du midi de la France.

Un éclat de silex noir corné.

Les objets d'industrie dont nous venons de donner la liste ne fournissent aucune donnée précise sur l'âge du gisement de la grotte du Scé ; les ossements seuls peuvent jeter quelque jour sur cette question. Il s'est heureusement trouvé dans le nombre une assez grande quantité de dents et de têtes d'os longs que M. le professeur Rütimeyer a eu l'obligeance de déterminer et qui appartiennent aux espèces suivantes :

1° L'homme : un métacarpien et quelques débris de crâne.

2° Le renne (*Cervus tarandus*, Lin.). Têtes de fémur, de tibia, de canons, os du métatarse, phalanges ungueales, dents.

3° Le bouquetin (*Capra ibex*, Lin.), de grandeur remarquable. Têtes de fémur et de tibia, d'humérus, canons, débris de mâchoires, dents assez nombreuses.

C'est à ces deux dernières espèces que l'ont peut rapporter la plnpart des nombreux débris d'ossements que la fouille a mis à nu.

4° L'ours brun (*Ursus arctos*, Lin.), de très-grande taille : deux canines. (Largeur d'une de ces dents 29 mill. ; épaisseur 20 mill. ; longueur environ 95 mill. — les deux extrémités sont brisées.)

5° Le renard (*Canis vulpes*, Lin.). Têtes d'os longs, morceaux de bassin, mâchoire, dents.

6° Le lièvre (*Lepus variabilis*, Lin.). Fémur, mâchoire inférieure, vertèbre.

7° L'aigle royal (*Aquila fulva*, Lin.). Humérus.

Digitized by Google

8° La perdrix blanche (*Tetrao lagopus*, Lin.). Os longs.

Ces quelques espèces suffisent pour établir l'identité d'âge de la station de Villeneuve et de celle de Veyrier. La faune est la même et l'on n'y rencontre aucun animal domestique.

Pour compléter ce qui a trait à la grotte du Scé, je dois ajouter que le remplissage intérieur était composé d'alluvions analogues à celles qui couvrent les environs et en tout cas postérieures à l'époque glaciaire.

Fouille exécutée aux environs de la grotte.

En suivant les bords du grand rocher du Scé qui forme à divers endroits des parois surplombantes ou des espèces de niches, on pressent que le terrain qui borde ces parois pourrait bien receler en plus d'un endroit des antiquités diverses; car les rochers sont des abris et une défense qui invitaient les habitants à y adosser leurs demeures, et d'ailleurs à leur pied les antiquités courent moins de chances de destruction qu'en rase campagne.

J'ai donc essayé d'une fouille dans un enfoncement du roc qui se trouve à quelques pas de la grotte sous la paroi de rochers qui regarde le lac, mais cette tentative est restée sans résultat, le roc de la base s'étant trouvé à peine recouvert de terre en cet endroit. M. Taillefer a été plus heureux dans une autre fouille qu'il a dirigée au pied même du rocher, au nord de la grotte et tout près de son ouverture sur le bord occidental du Scé. Sur cet emplacement il a découvert un squelette humain fort décomposé, étendu dans une sorte de niche peut-être artificielle, pratiquée dans le poudingue du rocher. En examinant soigneusement la terre qui recouvrait les ossements et qui remplissait la niche, il a trouvé :

Digitized by Google

1° D'assez nombreux fragments d'une poterie rouge à pâte grossière enchâssant des grains blancs, et qui ne paraît pas avoir été faite au tour.

2° Un fragment de poterie noire, mince, lisse et quelque peu ornementée, formée d'une pâte brune assez fine, également criblée de grains blancs qui témoignent de son origine antéromaine.

Il me paraît tout à fait probable que le vase dont provient ce dernier fragment a été fait au tour, car sa face interne est couverte de stries horizontales fort régulières qui sont évidemment dues à un procédé mécanique. On voit, il est vrai, sur la face externe des cannelures vagues de 5^{mm} de largeur, qui courent, les unes horizontalement, les autres verticalement et qui, vu leur sens opposé, ne sauraient être toutes un produit du tour. Le fragment montre précisément le point de rencontre des cannelures verticales et des cannelures horizontales, les unes s'arrêtant là où commencent les autres, et l'on découvre même, sur la face interne, des stries qui courent aussi dans deux sens opposés, parallèlement aux cannelures de la face externe. Néanmoins, un examen attentif de ce fragment de poterie a fini par me conduire à la conclusion que le vase dont il faisait partie a bien été fabriqué au tour, comme semblaient le prouver les stries horizontales qu'on découvre à sa face interne, et c'est probablement aussi au tour qu'ont été faites les cannelures horizontales de la face externe, tandis que les cannelures verticales auront été ajoutées à la main. La face interne montre partout des stries horizontales, mais dans la partie qui correspond aux cannelures verticales de la face externe, on découvre à la loupe aussi de très-fines stries verticales qui coupent à angle droit les plus grosses stries horizontales, sans les effacer

Digitized by Google

entièrement. J'attribue ces stries verticales à ce que le potier, pour faire les cannelures verticales de la face externe, pinçait probablement la paroi du vase entre le pouce et l'index, en sorte que le pouce, en se promenant de bas en haut sur la face interne, entraînait des grains de sable de la pâte et en rayait finement cette face, tandis que l'index ou l'instrument dont ce doigt était armé traçait les cannelures verticales de la face externe.

Toutes ces poteries semblent donc se rapporter à une époque relativement récente et fort éloignée de l'âge du Renne. En effet, la poterie rouge, quelque grossière qu'elle soit, semblerait remonter tout au plus à la période gauloise ou helvète, et c'est à cette époque que nous la rapporterions de préférence. Il est vrai que la cuisson *au four*, qui donne à la poterie la couleur rouge, aussi bien que le tour du potier, passe pour être d'importation romaine. Toutefois rien ne prouve que les peuples celtiques n'aient pas adopté l'un ou l'autre de ces perfectionnements avant l'invasion romaine, et l'on comprend que dans les premiers temps, les nouvelles méthodes de travail n'ont dû être employées que comme procédés de luxe. Aussi ne doit-on pas s'étonner de trouver des poteries cuites au four (rouges), bien que façonnées à la main, ou au contraire, des poteries faites au tour, bien que simplement cuites à l'air (noires ou grises), car tel potier qui ne possédait pas encore de tour pouvait avoir construit un four et *vice versâ*.

La poterie de la niche trouvée en dehors de la caverne du Scé remonte donc probablement à une époque de transition précédant la période helvéto-romaine. Elle est en tout cas fort postérieure à l'époque du Renne à laquelle remontent les dépôts de la grotte du Scé.

Digitized by Google

Conclusions.

Il nous semble résulter de ce qui précède que les objets exhumés autour du rocher du Scé, tant par M. Taillefer que par moi, peuvent se rapporter à deux périodes qu'il importe de bien distinguer, et nous croyons en conséquence devoir formuler notre opinion comme suit:

1° La sépulture du pied du rocher du Scé, située en dehors de la caverne remonte probablement à l'époque gauloise (helvète).

2° Les traces de l'industrie humaine trouvées dans la caverne du Scé paraissent appartenir à deux époques différentes :

a) L'une, plus récente, à laquelle on peut rapporter le reste de poterie noire micacée (et peut-être aussi le squelette qui occupait la niche du fond de la grotte, et auprès duquel fut trouvé ce fragment de poterie).

b) L'autre, très-ancienne, représentée par les ossements brisés et les silex disséminés dans les graviers concrétionnés du plancher de la grotte, gisement surtout caractérisé par la présence des ossements de *Renne.*

Nous avons vu que les vestiges de cette époque sont de tous points semblables à ceux qu'a offerts le gisement de Veyrier; en sorte que la grotte du Scé doit être considérée comme notre seconde station du Renne.

Il est certainement remarquable que les deux seules stations de ce genre jusqu'ici connues dans la partie occidentale des Alpes occupent précisément les deux extrémités du lac Léman, circonstance qui fait de notre bassin une région privilégiée sous ce rapport et qui semble le représenter comme la partie la plus anciennement habitée du bassin suisse.

Henri DE SAUSSURE.

Digitized by Google

NOTE

SUR UNE

CARTE DU TERRAIN ERRATIQUE

DE LA

PARTIE MOYENNE DU BASSIN DU RHONE

DRESSÉE PAR

MM. A. FALSAN ET CHANTRE[1].

C'est en Suisse qu'on a découvert, au commencement de ce siècle, la véritable théorie de la formation et du transport du terrain erratique ; c'était donc aux géologues de cette contrée qu'appartenait l'honneur de prendre l'initiative pour écrire des monographies complètes et tracer des cartes détaillées et spéciales de ce terrain si curieux et d'une origine si longtemps problématique ; c'était à eux à faire les premiers efforts pour préserver d'une destruction trop rapide et trop certaine ces blocs étranges qui sont les vestiges du dernier grand phénomène géologique de l'Europe. Aussi dès que MM. Studer, Favre et Soret, pendant la réunion de la Société helvétique des Sciences naturelles à Rheinfelden le 9 septembre 1867, eurent fait ressortir toute l'importance qui s'attachait à la conservation des blocs erratiques et à l'étude des terrains de la période glaciaire, non-seulement les géologues, mais encore tous les naturalistes suisses s'empressèrent

[1] Cette note a été lue et cette carte a été présentée à la réunion de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, le 3 mars 1870.

Digitized by Google

de répondre à l'appel lancé par la Société helvétique. Immédiatement de nombreux centres d'études se créèrent dans chaque canton, et on déclara *inviolables* plusieurs blocs erratiques qu'on fit classer comme *monuments préhistoriques*.

Au milieu de cette véritable évolution scientifique, pendant le printemps de 1868 M. Alph. Favre me fit l'honneur de m'adresser un exemplaire de l'*Appel aux Suisses pour la conservation des blocs erratiques* et m'engagea à poursuivre dans la partie moyenne du bassin du Rhône les études qui étaient si bien commencées au delà de nos frontières.

Avant de répondre de suite d'une manière affirmative à la demande du savant professeur de Genève, j'hésitai quelque temps, car déjà plusieurs géologues français s'étaient occupés de cette question scientifique: M. Lory avait fait paraître, avec sa *Description géologique du Dauphiné*, une carte où étaient figurés, avec tous les autres terrains, les lambeaux du terrain erratique des départements de l'Isère, de la Drôme et des Hautes-Alpes; M. E. Benoit avait en même temps publié dans les bulletins de la Société géologique de France, plusieurs mémoires très-intéressants, accompagnés de nombreuses coupes, sur la présence et la disposition du terrain erratique dans la Dombes et le Bugey, enfin il avait presque achevé de colorier sur les feuilles du Dépôt de la Guerre une belle carte géologique du département de l'Ain.

En présence de ces remarquables travaux, sans parler de ceux de MM. Blanchet, Necker, etc., que me restait-il à faire pour étudier les mêmes terrains dans les mêmes contrées? Y avait-il pour moi dans cette question de nouveaux côtés à étudier? Je savais bien qu'en Suisse il

Digitized by Google

existait déjà de belles cartes géologiques générales, lorsque MM. Studer et Favre avaient donné eux-mêmes l'impulsion pour cette nouvelle étude des terrains quaternaires. A leur exemple ne pouvais-je pas aussi m'occuper de cataloguer les blocs erratiques et de préserver les plus remarquables d'une destruction inintelligente? Enfin il me sembla qu'il ne s'agissait pas seulement de tracer une nouvelle carte plus détaillée des différents lambeaux du terrain erratique, mais plutôt de m'efforcer à représenter la liaison qui existait entre ces restes isolés des anciennes moraines en indiquant, sur des cartes spéciales et par des signes conventionnels particuliers et faciles à lire, la marche et la progression des glaciers alpins jusque dans la partie moyenne du bassin du Rhône, leurs luttes avec les glaciers du Bugey et du Lyonnais, leur envahissement de presque toute la contrée et les limites de leur extension extrême.

Cette étude me parut nouvelle; je n'avais vu ce mode de représentation sur aucune carte géologique : je pouvais donc coordonner mes observations personnelles avec celles de mes devanciers, afin d'essayer de tracer une monographie complète du terrain erratique à l'est de Lyon. M. E. Benoit lui-même m'y encouragea, en me promettant une foule de renseignements qui n'avaient pas trouvé place dans ses ouvrages.

Je pus alors sans aucune arrière-pensée répondre affirmativement à l'Appel de M. Alph. Favre, et je le fis avec d'autant plus de plaisir que je m'étais assuré la collaboration d'un jeune géologue de mes amis, M. E. Chantre. Je comptais en outre réclamer le concours de beaucoup d'autres observateurs, comme M. A. Favre l'avait fait avec tant de succès.

Digitized by Google

M. Chantre et moi nous publiâmes un *Appel aux amis des Sciences naturelles*, etc., pour solliciter leur aide ; mais l'esprit d'association scientifique, si florissant en Suisse et en Allemagne, est bien languissant en France : cette partie de l'éducation intellectuelle a presque toujours été négligée jusqu'à présent. Notre appel resta sans réponse, M. Benoit seul tint sa promesse.

J'indiquai alors le système de représentation que nous avions adopté et les résultats de nos recherches dans un Rapport à M. Belgrand, inséré dans le bulletin de la Société géologique [1], et j'en profitai pour remercier publiquement MM. Benoit, Lory, Pillet, Vallet. Aujourd'hui nous sommes heureux de pouvoir ajouter à ces noms ceux de MM. Baudart et Jacquot, ingénieurs en chef des départements de l'Ain et de l'Isère.

Peut-être les difficultés des observations auxquelles elles n'étaient pas familières, avaient-elles découragé la plupart des personnes dont nous avions espéré le concours. Je publiai donc une *Instruction pour l'étude du terrain erratique*, et j'y joignis un questionnaire qu'il ne s'agissait plus que de remplir. Malgré une circulaire du Ministre des travaux publics et une du Directeur général des forêts, le questionnaire, comme l'appel, resta sans réponse.

Lorsqu'on compare ces résultats négatifs avec ceux que M. Alph. Favre a consignés dans son *troisième rapport*, on ne peut s'empêcher d'être tristement surpris des difficultés qu'on rencontre en France lorsqu'on veut entreprendre une œuvre scientifique collective.

On a souvent dit que les glaciers étaient des fleuves solides ; pourquoi donc ne pas employer, pour représenter

[1] *Bulletin de la Société géolog. de France*, tome XXVI, p. 360.

Digitized by Google

leur progression, un système de lignes analogues à celles dont on se sert depuis quelque temps pour figurer sur certaines mappemondes les grands courants marins? Nous avons donc cherché à représenter la marche des anciens glaciers en dessinant sur les feuilles du Dépôt de la Guerre, dans toutes les stations où nous avons trouvé des traces du passage de ces glaciers, des lignes de couleurs, accompagnées de flèches.

Ce système de représentation laisse embrasser facilement et d'un seul coup d'œil l'ensemble du phénomène erratique en rétablissant une liaison naturelle entre tous les lambeaux du terrain glaciaire erratique et en permettant de suivre jusqu'à sa source chaque courant de glace. Du reste, comme nous l'avons exposé dans notre Rapport à M. Belgrand, les lignes que nous avons tracées sur notre carte ne sont que la reproduction exacte, mais complétées des stries que les anciens glaciers alpins ont laissées gravées sur les roches compactes de nos montagnes, en Bugey et en Dauphiné.

En prolongeant jusque dans les plaines de la Dombes et du Dauphiné les grandes lignes qui indiquent sur notre carte la progression des glaciers alpins, nous avons fait la synthèse de nos observations partielles et nous avons eu la satisfaction de voir que tous les bourrelets concentriques de terrain erratique, qui s'étalent successivement dans ces plaines et que nous considérons comme des moraines terminales abandonnées par les glaciers avant chaque période de retrait, ont toujours leurs diverses arêtes disposées perpendiculairement en face des lignes divergentes qui figurent l'épanouissement en éventail du grand glacier du Rhône dans les plaines ouvertes devant lui. Ainsi la position de la moraine que MM. Necker et E.

Digitized by Google

Benoît ont signalée dans la forêt de Seillon, près Bourg, ne peut s'expliquer que si l'on admet le passage du glacier alpin par-dessus les plateaux du Haut-Bugey; ce qui a eu lieu en effet.

La grande moraine terminale de Seillon, de Chatillon, d'Ars, de Sathonay, de Lyon, marque l'extension extrême à l'ouest des glaciers du Rhône; mais elle délimite également la Bresse à étangs dont les eaux, ainsi que je l'ai déjà dit[1], ne sont retenues que par l'argile de la boue glaciaire des anciennes moraines. Au delà de ces bourrelets à cailloux striés on ne voit plus que les sables et les graviers de l'alluvion glaciaire.

En suivant cette grande moraine extrême jusqu'au pied des contre-forts de la chaîne de l'Izeron au sud de Lyon et jusqu'à Vienne, on décrit un demi-cercle dont la régularité n'est interrompue qu'en face du Mont-Dor. Cette montagne, qui était alors recouverte de neige, a repoussé à l'est les moraines du glacier alpin, de même que le Mont-Pilat en face de Vienne, les a maintenues sur la rive gauche du Rhône.

Le phénomène erratique glaciaire n'est pas dans le Bugey aussi simple qu'il le paraît au premier abord. Tout en n'admettant qu'une période glaciaire, du moins pour les pays dont nous nous occupons, mais avec des phases d'avancement et de reculement, M. E. Benoit d'abord et moi ensuite, nous avons reconnu qu'il y avait eu dans quelques vallées du Bugey, celles de St-Rambert et du Val-Romey par exemple, des glaciers locaux qui avaient fonctionné dans les chaînes secondaires pendant que les grands glaciers alpins s'épanouissaient dans les vallées du

[1] Instruction pour l'étude du terrain erratique. *Mémoires de l'Acad. de Lyon*, 1869.

Digitized by Google

Rhône, de l'Aar et du Rhin. Le glacier du Rhône, après avoir opéré sa jonction avec celui de l'Arve et une branche de celui de l'Isère qui débouchait par la vallée de Chambéry et par les échancrures de la chaîne de la Dent-du-Chat et de Chanaz, vint se dilater dans le cirque de Belley et rencontra le front de plusieurs glaciers du Bugey. Il y eut d'abord une espèce de lutte entre eux, mais le glacier du Rhône qui avait des sources d'alimentation beaucoup plus considérables, surmonta les barrages des glaciers jurassiens, lança de puissants rameaux dans les vallées qu'ils occupaient et déposa ses moraines de roches de cristallisation et de calcaires noirs par-dessus leurs moraines exclusivement composées de calcaires blonds du jurassique supérieur ou du néocomien.

Pour représenter ce phénomène, nous avons adopté pour chaque groupe de glaciers une couleur spéciale, le rouge pour les glaciers alpins, le bleu pour les glaciers jurassiens et, par la superposition, l'entre-croisement de ces lignes de couleur accompagnées de flèches, nous avons indiqué la superposition et l'entre-croisement des courants de glace.

A la rencontre des glaciers alpins et des glaciers du Bugey, à Bellegarde, à Rossillon, etc., il y a eu des accumulations énormes de matériaux au pied des éperons qui séparaient encore les deux fleuves de glace avant leur réunion. En étudiant la composition de ces anciennes moraines près de ces différents points, on voit la prédominance des éléments de roches de cristallisation ou des éléments jurassiques locaux suivant qu'on se rapproche plus ou moins de la ligne qu'a dû suivre le glacier alpin ou le glacier jurassien. Ainsi à Rossillon la moraine et les alluvions sont presque entièrement composées de

Digitized by Google

fragments des calcaires du pays, tandis qu'en bas de la montée de Coin, les éléments alpins dominent. Le mélange s'est opéré en haut de la montée, en face de Cheignieu, dans un point intermédiaire.

Les dépressions cratériformes de Coin, creusées dans une masse énorme de galets plus ou moins roulés ou striés, doivent résulter de ces entre-croisements de moraines et ne pourraient être expliquées, si l'on admettait pour tous ces fragments de roches un transport par des eaux courantes. Il faut ajouter qu'à la jonction de ces masses de glace il s'est formé souvent de petits lacs temporaires alimentés par les eaux de fonte; voilà pourquoi, dans les stations citées ci-dessus et dans d'autres analogues, certaines parties du terrain erratique sont parfaitement lavées et stratifiées avec triage d'après la grosseur des fragments.

L'ensemble des lignes tracées sur notre carte représente le glacier du Rhône au moment de sa plus grande extension, lorsque après avoir envahi les glaciers de la Michaille, du Val-Romey, de la crevasse de Rossillon, etc., il s'élevait sur les flancs du Sorgia et du Colombier de Culoz à l'attitude de 1140^{m}, jusqu'à la ferme de Fuvola. Alors il déposait des blocs de brèche triasique de la Pierre-à-Voir, de conglomérat houiller de Valorsine, de quartzite, de 1 à 40^{mc}, sur le versant ouest et sur l'arête de la montagne de Lachat (1100^{m}) au midi du Molard-de-Don, 800^{m} au-dessus de la vallée du Rhône, pour s'épancher ensuite sur les plateaux du Haut et du Bas-Bugey. Le Molard-de-Don (1219^{m}), le Crêt-de-Pont et quelques autres cimes élevées formaient à cette époque des îlots, des *Jardins*, au-dessus d'une immense mer de glace qui n'avait pour limites à l'ouest que les ondulations caillouteuses de Bourg, Lyon et Vienne.

Digitized by Google

En traçant notre, carte j'ai compris toute l'importance qui se rattachait à l'observation des stries et du polissage des roches compactes, car cette étude était devenue pour nous la base de tout notre travail graphique. J'ai donc voulu comparer entre elles, une fois de plus, les surfaces de calcaires polis par les glaciers et par les eaux courantes. Les calcaires de la Perte-du-Rhône à Bellegarde qui sont mis à découvert pendant les basses eaux et qui sont, tout le reste du temps, exposés aux efforts d'un fleuve rapide et fortement encaissé, me parurent devoir offrir un excellent terme de comparaison.

Je trouvais, en effet, sur ces rochers au-dessous desquels le Rhône s'engouffrait, de nombreuses surfaces extrêmement bien polies et qui différaient entièrement de celles qui résultent de l'usure des glaciers. Elles offraient peu d'étendue, et au lieu de s'étaler largement d'une manière presque horizontale et parallèle à la surface inférieure de l'agent qui les avait produites, elles étaient toujours perpendiculaires et opposées à la direction du courant. Ainsi chaque saillie de rocher présentait en amont une face parfaitement polie, tandis que la surface supérieure avait conservé toutes ses rugosités. Ces faits s'expliquent facilement: les efforts d'une masse d'eau sont beaucoup plus violents contre un obstacle qui lui résiste en face et contre lequel elle agit par son poids combiné avec la puissance de la vitesse acquise, que sur un plan incliné sur lequel elle ne fait que glisser. Dans un glacier en marche, au contraire, ce sont les effets de la pesanteur qui sont les plus considérables. Combinés avec ceux de la vitesse acquises, relativement très-faibles, ils se produisent sur toutes les surfaces qui supportent la masse de glace. Le poli s'étend uniformément partout et

Digitized by Google

toutes les saillies s'usent et s'arrondissent. Ces surfaces polies se couvrent ordinairement alors de stries rectilignes. Sur toutes les surfaces polies des rochers de Bellegarde je n'ai observé aucune strie, mais seulement des cannelures arrondies irrégulièrement, selon le plus ou moins de dureté de la roche.

La partie du lit du Rhône que j'ai pu explorer, laisse voir de nombreux *Pot-Holes* ou *Marmites de Géants* qui conservent encore les galets siliceux qui les ont creusées verticalement dans la roche, grâce au mouvement giratoire qui leur était imprimé par le courant du fleuve. Ces cavités n'offrent donc rien de spécial; mais près de Bellegarde sur la rive gauche du Rhône, au milieu de la paroi de rocher qui s'élève perpendiculairement en face du fort de l'Écluse, on voit plusieurs pot-holes creusés horizontalement et qui n'ont pu l'être ainsi que par l'influence d'un courant d'eau s'infiltrant entre cette surface de rocher et la masse de glace qui remplissait tout le défilé du Rhône. Des pot-holes analogues se retrouvent ainsi creusés horizontalement dans la plupart des grands escarpements de calcaire qui dominent certaines vallées du Bugey, à Rossillon, à Pierre-Chatel, même à la Croix-de-la-Roche près d'Inimont, à l'altitude de 900^{m}. Ces excavations circulaires, creusées au milieu de surfaces verticales, rappellent celles des rochers de St-Mihiel que M. Hogard a signalées en décrivant le terrain erratique de la vallée de la Meuse[1].

Puisque c'est un immense glacier qui a transporté le terrain erratique dans la partie moyenne du bassin du Rhône, il est naturel d'y trouver certaines roches groupées, d'après leur provenance, par convois, par traînées,

[1] *Recherches sur les formations erratiques*, page 91.

Digitized by Google

lorsque les circonstances ont été favorables à cet arrangement. Nous avons donc signalé dans notre Rapport à M. Belgrand quelques-unes de ces dispositions des débris erratiques analogues à celles que M. Guyot et d'autres géologues ont observées en Suisse. Ainsi les blocs de phyllade noire de 120 et de 300^{mc}, que M. Berthet, de Belley, vient de nous montrer aux Ecruaz près de cette ville, complètent admirablement la traînée de gros blocs de même nature que nous avons reconnue à travers le cirque de Belley depuis Culoz jusque près de Pierre-Châtel. Nous pourrions citer d'autres exemples de ce même phénomène, mais nous craindrions de dépasser les limites d'une simple Note. Il nous suffit aujourd'hui de constater de nouveau ce fait.

Sur toute la surface du pays que nous venons d'étudier, il existe à toutes les altitudes de nombreux blocs erratiques dont le volume dépasse quelquefois celui de 5 à 600^{mc}.

En France, comme en Suisse, on leur fait une guerre d'extermination et un grand nombre ont déjà disparu. Nous avons essayé de faire conserver les plus importants, comme monuments préhistoriques, mais ces blocs sont généralement placés sur des propriétés particulières et les formalités pour arriver à leur conservation sont généralement très-ennuyeuses ou même impossibles. Cependant plusieurs propriétaires, quelques administrations d'établissements civils ou religieux, plusieurs conseils municipaux ont fait droit à nos demandes.

M. Belgrand, ancien président de la Société géologique, a mis à notre disposition, pour les faire sceller dans les blocs les plus curieux, des plaques en porcelaine émaillée portant ces mots : *Blocs erratiques à conserver.* — Ces

Digitized by Google

plaques présentent l'avantage d'avoir une surface toujours très-nette et de ne pas tenter la cupidité. Elles sont assez épaisses pour pouvoir résister à des chocs d'une certaine violence. Nous attendons qu'une expérience de quelques années nous indique la valeur réelle de cet essai.

Pendant que les conditions atmosphériques favorisaient dans les hautes vallées alpines le développement de ces immenses névés qui alimentaient le grand glacier du Rhône, les montagnes du Beaujolais et du Lyonnais ne pouvaient être soustraites à la même influence, et la neige devait s'accumuler près de leurs sommets pour engendrer un autre système de glaciers locaux, analogues à ceux du Bugey avant leur envahissement par les glaciers des Alpes.

J'ai parcouru quelques vallées du Beaujolais et j'ai reconnu dans certains terrains de transport superficiels, placardés sur le dos ou sur les flancs des collines, la plupart des caractères du terrain erratique. Malheureusement je ne puis dire que la plupart des caractères, car il y manque un des plus importants, celui de la présence de stries ; mais l'absence de ce caractère ne me semble pas devoir infirmer la détermination que j'ai cru pouvoir faire récemment de ces terrains. En effet, dans la partie du Beaujolais que je viens d'observer, les roches ne se composent que de grès, de mélaphyres, de granite porphyroïde friable, de schistes métamorphiques. Ces roches prennent mal le poli et conservent d'autant plus difficilement les traces des stries que leurs fragments emballés plutôt dans une espèce d'arène que dans une véritable argile, ont leurs surfaces ou même leur masse entièrement kaolinisées. Du reste, dans les glaciers ac-

Digitized by Google

tuels, lorsqu'ils cheminent au milieu des roches de cristallisation, les éléments des moraines sont rarement striés.

Si l'on n'admet pas la théorie du transport par les glaciers, pour expliquer la formation et le dépôt avec gros blocs et sans triage de quelques terrains qui tapissent les pentes de plusieurs vallées du Beaujolais, entre autres celle de l'Ardière, on se trouve en face de difficultés insurmontables. Il faut alors avoir recours à de grands courants diluviens capables de transporter sur la crête de la colline de Durette des blocs de grès deux fois métriques; mais puisque cette vallée, que nous avons choisie pour exemple, vient aboutir au-dessus des Ardillats, au point de partage des eaux des vallées divergentes de l'Azergues et de la Grône, et de celles des affluents de la Loire, il devient impossible d'indiquer, sur un sommet étroit et isolé, les sources de ces immenses masses d'eaux courantes qui devaient se diffuser de toutes parts, et néanmoins avoir la puissance de transporter des roches à de grandes hauteurs. Au contraire, avec la théorie glaciaire, tout s'explique facilement par l'accumulation séculaire des névés et la progression lente de la glace.

A leur limite inférieure extrême, les glaciers du Beaujolais et du Lyonnais se sont parfois trouvés en contact avec les moraines frontales du grand glacier du Rhône épanoui dans les plaines de la Dombes et du Bas-Dauphiné et venant butter contre les premiers contre-forts de le chaîne de l'Izeron. Ainsi le terrain de transport à éléments exclusivement cristallins, déposé sans triage le long du quai des Etroits, à Lyon, me semble avoir été charié par les glaciers du Lyonnais pendant l'avancement du glacier du Rhône dans la plaine du Dauphiné située en face. Plus tard, lors de la plus grande extension de ce dernier

Digitized by Google

glacier, cette moraine inférieure, entièrement composée de roches voisines, a été recouverte d'abord par le terrain erratique alpin, avec gros blocs de calcaire, puis par une forte couche de lehm, ainsi que le montre la coupe naturelle de la falaise de Sainte-Foy qui domine la Saône.

J'ai eu l'honneur de montrer ces divers terrains erratiques à M. Benoit, et sur place ce géologue s'est empressé de partager ma manière de voir.

Ces moraines de roches granitoïdes ou de cristallisation, sans calcaire strié, complètent la série des analogies qui existent entre le terrain erratique des environs de Lyon et celui qui est en voie de formation dans les Alpes. En effet, elles rappellent, par leur composition, les moraines du glacier d'Argentière et de ceux du massif cristallin du Mont-Blanc. Les anciennes moraines calcaires du Bugey, presque sans stries, sont identiques à celles des petits glaciers qui entourent le col de la Gemmi; tandis que le terrain erratique de Sathonay, de la Dombes, du Dauphiné, avec ses débris cristallins mélangés avec des fragments calcaires parfaitement striés, offrent les plus grandes analogies de composition avec les bourrelets concentriques que les glaciers de Grindelwald ont laissés devant eux après en avoir emprunté les éléments aux roches calcaires ou de cristallisation qui constituent l'énorme massif au milieu duquel ils progressent.

A. Falsan.

Digitized by Google

NOTICE

SUR LES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES

SUR LA COTE DU LABRADOR

PAR DES MISSIONNAIRES MORAVES

Lue à la séance de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, du 7 avril 1870,

PAR

M. le professeur GAUTIER.

La grande péninsule orientale de l'Amérique du Nord, dite du *Labrador*, s'étend du 50me au 61me degré de latitude Boréale, et fait partie des possessions de l'Empire Britannique. Elle est limitée au nord et à l'ouest par la baie d'Hudson et au sud par le Canada. C'est dans cette région, dont le climat est si rigoureux, que se sont établis, il y a déjà un siècle, des missionnaires de l'Union des frères Moraves, en obtenant du gouvernement Anglais une concession de terrain, qui a été confirmée par les naturels du pays. Ils s'y sont maintenus jusqu'à présent, en poursuivant avec une admirable persévérance le but unique de leur établissement, savoir la civilisation chrétienne, par la prédication de l'Évangile auprès des populations païennes, jadis assez barbares, qui habitent cette rude contrée, et qui font partie de la race des Esquimaux. Je n'ai pas à raconter ici leurs progrès graduels et leurs succès, constatés dans divers ouvrages et journaux reli-

Digitized by Google

gieux protestants, et auxquels la traduction, faite par eux, d'une grande partie de la Bible dans la langue des Esquimaux, a beaucoup contribué.

La première station fondée, en 1771, par les Moraves sur la côte du Labrador, a été celle de *Nain*, située sous le parallèle de 56°24′, et à la longitude de 61°48′ à l'ouest de Greenwich. Ils en ont ensuite établi successivement de nouvelles, sur la même côte, à *Okak* en 1776, latitude 57°33′; à *Hoffenthal* en 1782, latitude 55°35′; à *Hébron* en 1830, latitude de 58°20′; à *Zohar*, entre Hoffenthal et Nain, en 1865; et outre ces 5 stations qui existent actuellement, il est question d'en établir une sixième, encore plus septentrionale que celle d'Hébron. Les latitudes que je viens d'indiquer sont celles qui sont rapportées dans l'Atlas général des missions Moraves, publié en 1852 par M. Linder d'Herrnhut, et qui résultent des déterminations du capitaine Sutherland.

Températures, observations anciennes.

Il a été déjà fait, de 1778 à 1780, des observations thermométriques dans les stations de Nain et d'Okak, dont un résumé a été présenté à la Société royale de Londres par le pasteur de la Trobe, secrétaire de la mission Morave, et a paru dans les volumes 69 et 71 des *Transactions philosophiques*.

Ces observations ont été faites à 8 heures du matin, midi, 4 heures et 8 heures du soir, avec un thermomètre divisé selon l'échelle de Fahrenheit, et on n'en a publié pour chaque mois que les valeurs moyennes et extrêmes, pour Nain pendant les trois années comprises entre août 1777 et août 1780, et pour Okak pendant deux ans seulement, celles de la seconde y manquant.

Digitized by Google

M. Kaemtz a reproduit, en degrés centigrades, dans le second volume in-8° de son *Traité de météorologie*, publié en allemand à Halle en 1832 (tableau vis-à-vis de la page 88), les moyennes générales de mois, de saisons et d'année résultant de ces observations dans les deux stations. Je me bornerai à extraire de son tableau les moyennes de saisons et d'année, en degrés centigrades et dixièmes de degré. Il dit les avoir réduites à leurs vraies valeurs, probablement en y faisant une légère correction, provenant de ce qu'il n'y a pas eu d'observations faites vers minuit.

	Année.	Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.
Nain....	—3°,6	—18°,5	—5°,8	+7°,6	+2°,2
Okak....	—3,2	—15,4	—5,0	+8,1	—0,6

	à Nain	à Okak	
La température du mois le plus froid a été de	—20°,9	—17°,2	en février
» » le plus chaud »	+ 9,3	+ 9,5	en août.

La moyenne et les extrêmes annuels de température, rapportés dans les *Transact. Philos.* et réduits en degrés centigrades, ont été les suivants :

	Nain.			Okak.		
	Moyenne.	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	Minimum.	Maximum.
1re année	—4°,8	—34°,4	+27°,8	—4°,8	—33°,3	+27°,2
2me »	—4,5	—37,8	+25,6			
3me »	—1,2	—30,6	+28,9	—0,6	—27,2	+28,9

Outre les observations précédentes, il en a été fait de nouvelles au Labrador, de 1841 à 1843, dans les stations de Nain et d'Hébron, dont les résultats sont consignés, soit dans les Annales de M. Lamont, astronome à Munich, pour 1842 et 1843, soit dans le grand tableau de tempé-

Digitized by Google

ratures terrestres publié par M. *Dove* dans le volume de 1846 des *Mémoires de l'Académie de Berlin*, tableau qui contient aussi les résultats des premières observations.

Il y a eu, à la seconde époque, environ deux ans d'observations faites à Nain par le missionnaire Albrecht, à 8 heures du matin, midi, 4 heures et 8 heures du soir; et un an à Hébron, la plus septentrionale des stations, observations réparties entre 1841 et 1842. Voici les moyennes d'année et de saisons en degrés centigrades:

	Année.	Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.
Nain	—2°,1	—15°,1	—4°,5	+9°,2	+0°,8
Hébron ...	—5,3	—18,8	—7,7	+6,2	—0,3

	à Nain	à Hébron
La température moyenne du mois le plus froid (février) a été de.....	—16°	—20°,7
La température moyenne du mois le plus chaud (août) a été de.....	+11°	+ 9°,5.

Températures, observations récentes.

La Société des Frères Unis fait partir chaque année, depuis 1770, un bâtiment marchand à 3 mâts, chargé d'approvisionner les stations missionnaires du Labrador de beaucoup d'objets et de denrées nécessaires à leur entretien, ainsi que de divers objets de commerce, en retour desquels il en rapporte d'autres en Angleterre. Depuis 50 ans, c'est le bâtiment à voiles nommé l'*Harmonie*, renouvelé de temps en temps, qui fait ce trajet depuis Londres, en partant au printemps, et il n'a encore jamais manqué d'arriver au Labrador vers le milieu de l'été. Notre compatriote, M. Jean-Louis Micheli, s'est mis par ce moyen, depuis vingt-cinq ans, en rapport de cor-

Digitized by Google

respondance et de bons offices avec les missionnaires Moraves de ces stations, et même avec quelques Esquimaux convertis et civilisés.

L'idée m'est venue, il y a trois ans, de profiter de l'obligeance de cet ami, pour envoyer au Labrador quelques thermomètres, exécutés avec soin, dans ce but, par M. Maurer, employé de notre observatoire, et de faire demander aux missionnaires qui les recevraient de vouloir bien les observer régulièrement deux fois par jour, en plein air et à l'ombre. J'ai eu la satisfaction, dès l'automne de 1868, de recevoir, par M. Micheli, un premier envoi d'observations thermométriques journalières, faites à la fin de 1867 et dans le 1er semestre de 1868, dans les stations d'Hébron et d'Hoffenthal, la première la plus septentrionale et la seconde la plus méridionale de celles du Labrador. J'ai reçu, une année après, un second envoi, comprenant les observations faites dans les mêmes stations en automne 1868 et dans la première moitié de 1869. Il s'y trouve même pour Hoffenthal trois observations par jour, faites à midi et à 7 heures du matin et du soir. Les thermomètres sont centésimaux. Le premier employé à Hébron s'est cassé le 14 mars 1868, par le fait d'un très-fort coup de vent, ce qui a donné lieu à une lacune fâcheuse dans les observations du 1er semestre de cette année-là, en cette station. On n'a pas noté les dixièmes de degré dans la station d'Hoffenthal. J'ai calculé, pour l'une et l'autre station, les moyennes de mois en chaque heure d'observation, et je vais les rapporter successivement, ainsi que leur valeur moyenne et les valeurs extrêmes en chaque mois.

Digitized by Google

STATION D'HÉBRON (latitude nord 58°20').

Températures en degrés centigrades.

Première série.

1867	Moyenne à 7 h. du matin.	Moyenne à 2 h. ap.-midi.	Moyenne des 2.	Minimum.	Maximum.
	°	°	°	°	°
Septembre	+ 4,4	+ 8,6	+ 6,5	— 0,6 le 23	+20,4 le 6
Octobre...	— 1,4	+ 1,2	— 0,1	— 6,0 le 21	+ 6,0 les 2 et 17
Novembre.	— 7,0	— 5,0	— 6,0	—15,4 le 22	+ 4,0 le 10
Décembre.	—21,3	—19,3	—20,3	—31,2 le 31	— 9,5 le 18
1868					
Janvier ...	—21,0	—18,3	—19,6	—33,3 le 2	— 1,2 le 11
Février ..	—28,0	—23,6	—25,8	—36,0 le 18	— 8,3 le 28
Mars (1-13)	—17,7	—13,7	—15,7	—27,5 le 13	— 7,0 le 1er

1868 Seconde série.

Octobre...	— 3,2	— 1,0	— 2,1	— 9,0 le 22	+ 9,5 le 5
Novembre.	— 6,0	— 5,3	— 5,6	—17,0 le 8	+ 3,0 le 4
Décembre.	—13,6	—12,7	—13,1	—26,8 le 25	+ 0,5 le 1er
1869					
Janvier ...	—19,4	—17,9	—18,6	—29,0 le 11	— 7,0 le 6
Février ...	—22,5	—19 0	—20,7	—33,0 le 24	— 9,0 le 17
Mars	—16,8	—11,4	—14,1	—31,5 le 2	+ 3,8 le 30
Avril.	— 5,3	— 1,9	— 3,6	—15,0 le 12	+ 6,5 le 25
Mai	+ 1,2	+ 4,7	+ 2,9	— 6,8 le 1er	+13,1 le 31
Juin.....	+ 4,7	+ 8,0	+ 6,3	0,0 les 2, 3, 7, 8	+17,8 le 24
Juillet....	+ 6,3	+ 9,1	+ 7,7	+ 3,5 le 11	+15,0 le 22
Août.....	+ 7,6	+ 9,1	+ 8,3	+ 4,0 le 1er	+16,0 le 15

On voit par ce tableau, que, dans la première série, le *minimum* de température observé à Hébron a été de —36° centigrades le 18 février 1868, et le *maximum* de +20°,4 le 6 septembre 1867. Les mois de septembre et d'octobre ont été assez doux. En novembre, les 10, 11 et 25 ont été les seuls jours où il a dégelé, et il a constamment gelé de décembre 1867 à mars 1868. Le mois de février, où la moyenne à 7 heures du matin a été

Digitized by Google

de —28°, a été particulièrement rigoureux. En comparant les résultats des deux séries, on voit, qu'à l'exception du mois d'octobre, la température a été sensiblement moins basse dans la seconde que dans la première. Février a été le mois le plus froid dans l'une et dans l'autre. Dans la seconde série, ce mois et le précédent ont été les seuls où il n'y ait point eu de dégel; le mois le plus chaud a été celui d'août, et les extrêmes de température ont été, dans les onze mois: —33° le 24 février et +17°,8 le 24 juin.

Prenant la moyenne des observations faites en deux années dans les mêmes mois, d'octobre à février, et y joignant les valeurs obtenues pour les mois où il n'y a eu qu'une année d'observations, j'ai obtenu —4°,5 pour la température moyenne annuelle à Hébron, valeur qui se rapproche bien, comme on le voit, de celle résultant des observations de 1841 et 1842. La moyenne des trois mois d'hiver, obtenue récemment, a été de —21°,9 dans la première année et de —17°,5 dans la seconde, soit en moyenne de —19°,7; celle des trois mois du printemps de 1869 a été de —4°,9, et celle des trois mois d'été de +7°,4. La moyenne de l'automne de 1867 a été de +0°,1.

Du reste, toutes ces moyennes ne sont encore qu'approximatives, soit parce qu'il n'y a que peu d'années, un peu incomplètes, d'observations récentes, soit parce qu'il y aurait une petite correction à faire à ces moyennes de deux observations diurnes seulement, pour avoir les vraies moyennes des 24 heures du jour.

Digitized by Google

STATION D'HOFFENTHAL (latitude nord 55°35').

Températures en degrés centigrades.

Première série.

1867	7 h. du m.	2 h.	Moy. des 2.	Minimum.	Maximum.
	°	°	°	°	°
Octobre	— 0,4	+ 1,4	+ 0,5	— 7 le 30	+ 8 le 23
Novem.	— 5,9	— 3,8	— 4,8	—13 les 16, 28, 29	+ 3 les 10, 11
Déc. . .	—21,7	—19,5	—20,6	—35 le 31	— 5 les 16, 17
1868					
Janvier	—19,0	—17,0	—18,0	—32 le 26	0 le 11
Février	—27,0	—24,0	—25,5	—36 le 19	—12 le 29
Mars. .	—17,0	—12,0	—14,5	—26 les 11 et 12	+ 4 le 18
Avril. .	—10,6	— 5,3	— 8,0	—18 le 8	+ 8 le 22
Mai. . .	+ 0,2	+ 3,0	+ 1,6	—10 le 2	+12 le 24
Juin. . .	+ 4,0	+10,5	+ 7,2	— 2 le 1er	+19 le 30
Juillet..	+15,4	+12,3	+13,8	+ 6 le 31	+23 le 17

Seconde série.

1868	7 h. m.	Midi.	7 h. s.	Moy. des 3.	Minimum.	Maximum.
	°	°	°	°	°	°
Octob.	— 2,4	+ 0,5	— 0,9	— 0,9	— 9 les 21, 22	+ 8 le 5
Nov. .	— 4,4	— 4,2	— 4,4	— 4,3	—16 le 8	+ 3 le 1er
Déc. .	—16,0	—14,1	—15,0	—15,0	—27 les 21, 24	0 le 1er
1869						
Janv..	—20,2	—18,0	—18,6	—18,9	—32 le 22	— 7 le 10
Févr..	—21,1	—17,1	—19,5	—19,2	—30 le 25	— 7 le 13
Mars..	—14,3	—10,7	—12,6	—12,5	—24 le 1er	+ 1 le 30
Avril..	— 3,6	— 1,5	— 2,4	— 2,5	—10 les 14, 23	+ 5 le 2
Mai...	0	+ 2,7	+ 1,3	+ 1,3	— 9 le 1er	+ 9 le 31
Juin..	+ 4,7	+ 8,3	+ 6,3	+ 6,4	— 2 le 2	+19 le 23
Juillet	+ 7,5	+ 9,5	+ 7,4	+ 8,1	+ 3 le 12	+16 les 1, 16

Chacune des séries d'Hoffenthal comprend, comme on le voit, dix mois d'observations, d'octobre à juillet inclusivement. Pour en déduire des moyennes annuelles approximatives, j'y joindrai les moyennes d'août et de septembre résultant des trois premières années d'observations faites à Nain, cette station n'étant au nord d'Hoffenthal que

Digitized by Google

de moins d'un degré. Ces moyennes, tirées du tableau de M. Kämtz, sont +9°,3 pour le mois d'août et +7°,5 pour septembre. En les ajoutant aux moyennes des autres mois à Hoffenthal, on trouve alors pour moyenne annuelle en cette station : d'après la première série —4°,3 et d'après la seconde —3°,4, ce qui donne une valeur moyenne de — 3°,8.

En comparant les résultats de ces deux séries, on voit que, comme à Hébron, la température a été moins basse dans la seconde que dans la première, avec —0°,7 en moyenne d'abaissement du thermomètre de moins qu'à Hébron; mais le froid extrême de — 36° en février 1868 y a été le même, à un jour d'intervalle près.

La moyenne des trois mois d'hiver, décembre 1867 à février 1868, a été à Hoffenthal de	—21°,4
La moyenne des trois mois d'hiver, décembre 1868 à février 1869, a été à Hoffenthal	—17°,7
Ce qui donne une moyenne de	—19°,5,

bien rapprochée de celle de l'hiver à Hébron.

La température du printemps a été, en 1868, de —7°, et en 1869 de —4°,6; moyenne —5°,8. Celle de l'été, en adoptant, comme précédemment, 9°,3 pour le mois d'août, a été de 10°,1 en 1868, et seulement de 7°,9 en 1869, ce qui donne une moyenne de +9°.

Il nous manque des données suffisantes pour apprécier la température moyenne de l'automne à Hoffenthal, et toutes les moyennes déjà obtenues ne doivent être considérées que comme de premières approximations.

Les valeurs résultant des observations récentes se rapprochent beaucoup, en général, de celles obtenues précédemment, et elles se confirment ainsi mutuellement. On

Digitized by Google

voit qu'il y règne d'assez grandes différences d'une année à l'autre, mais il résulte de leur ensemble que le climat de la côte du Labrador est éminemment *excessif*, comme le sont, en général, ceux des côtes orientales des grands continents, relativement à ceux des côtes occidentales.

Si l'on compare, par exemple, les données précédentes avec celles qui se rapportent à la station de Sitka, ou de la Nouvelle-Archangel, sur la côte occidentale de l'Amérique (latitude 57°3′, longitude 135°18′) on trouve, d'après le grand tableau de M. Dove cité plus haut, en y réduisant les degrés de Réaumur en degrés centigrades, et d'après quatre ans d'observations :

	Moyenne annuelle.	Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.	Janvier.	Juillet.
Sitka	+6°,7	+1°	4°,9	12°,9	7°,9	—0°,1	+13°,7.

A Édimbourg, en Écosse, à la latitude d'environ 56°, on trouve pour ces chiffres respectifs, d'après le tableau du Traité de M. Kæmtz :

Édimbourg	+8°,4	+3°,5	7°,6	14°,1	8°,4	+2°,4	+15°,0.

Une circonstance remarquable se présente ici. C'est qu'il y a, même au Grœnland, sur la même côte qu'au Labrador, mais plusieurs degrés au nord et notablement plus à l'est, des stations sensiblement moins froides, peut-être parce qu'elles ressentent déjà l'influence du courant marin chaud du *Gulf Stream*, qui vient du golfe du Mexique et se dirige obliquement sur l'Europe septentrionale. Ainsi on a, d'après M. Dove, à *Goothaab* (lat. 64°10′, long. 52°24′) d'après treize ans ½ d'observations :

Digitized by Google

	Moyenne annuelle.	Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.	Janvier.	Juillet.
Goothaab	—2°,9	—9°,9	—3°,4	+4°,8	—1°,6	—10°,8	+5°,5.

Et à *Lichtenau*, station missionnaire morave (lat. 60°35′, long. 46°) d'après deux ans d'observations faites de 1841 à 1843 :

Lichtenau	+0°,5	—5°,7	+0°,6	6°,2	1°,0	—6°,8	+7°,4.

Au couvent du grand Saint-Bernard, la plus élevée de nos stations météorologiques Suisses, on a eu de décembre 1867 à novembre 1868, d'après le *Résumé* de M. Plantamour [1] :

Moyenne annuelle.	Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.	Janvier.	Juillet.
—1°,2	—8°,4	—2°,3	+6°,5	—0°,6	—8°,8	+6°,9.

Le *maximum* de froid a été de —20°,4 le 3 décembre 1867,
» de chaleur » +18°,4 le 26 juillet 1868.

Dans l'année suivante, en prenant la moyenne des *minima* et *maxima* de chaque jour, on trouve :

—5°,3 pour la moyenne de l'hiver,
—2°,5 » du printemps,
+6°,2 » de l'été,
—1°,0 » de l'automne,

ce qui donne —0°,6 pour la moyenne annuelle approximative.

Le *maximum* de froid a été de —20°,0 le 4 mars 1869,
» de chaleur a été de +17°,3 le 30 juillet.

On voit donc que l'hiver et le printemps sont beaucoup plus froids au Labrador, au bord de la mer, qu'au grand Saint-Bernard, à une altitude de 2478 mètres, mais que l'été y est notablement plus chaud. Aussi, la végétation y est-elle très-rapide dans cette dernière saison. Je vais

[1] *Archives*, tome XXXVI, page 89.

Digitized by Google

extraire quelques détails à ce sujet d'une brochure de 36 pages, ayant pour titre : *Une visite au Labrador*, publiée à Neuchâtel en 1869 par M. le pasteur Morave Reichel, qui rédige à Montmirail, en français, un journal religieux de l'Union des Frères.

Quelque rigoureux que soit le climat au Labrador, il ne paraît pas être malsain, car, tandis que les chanoines du couvent du Saint-Bernard ne peuvent rester très-longtemps impunément dans cette station, si froide et où l'air est déjà si rare, on a vu des missionnaires Moraves séjourner au Labrador plus de trente ans. Le missionnaire Erdmann, auquel je dois, je crois, les observations thermométriques à Hébron relatées plus haut, occupe cette station depuis trente-sept ans.

En faisant déblayer la neige, haute encore de bien des pieds à la fin de mai et en juin, on peut mettre en pleine terre, en les couvrant la nuit, des plantons de salade, de choux, de radis et de fleurs, semés au commencement de mai dans des caisses établies dans des chambres chaudes. Souvent il ne neige plus depuis le 20 juin. En août et septembre, au lieu de la chair de phoque, on peut manger des gigots de renne, de la volaille fraîche, des œufs de pigeon de mer et des plats de salade, de pommes de terre et de choux ; mais à cette époque il règne dans l'air, au Labrador, des myriades de moustiques fort incommodes. La côte présente un aspect de baies, de fiords et d'îlots nombreux, aux flancs noirs et abruptes; mais en été, dans les stations les plus méridionales, les collines sont revêtues de la fraîche verdure des mélèzes, et on y trouve, dans les forêts, des arbres de cette espèce, ainsi que des sapins, de 40 à 60 pieds de hauteur. Il paraît, d'après un petit volume anglais, *The Moravian in Labrador*, dont

Digitized by Google

la seconde édition a paru à Edimbourg en 1835, qu'on trouve aussi dans le pays des saules, des hêtres, des trembles et des aulnes en quantités considérables. Le rhododendron recouvre de grands espaces et forme de gros arbustes. On voit par ci par là des touffes de myrtils, et des tapis de fleurs aux couleurs vives et brillantes, telles qu'arnica, renoncules, épilobes, œillets rouges, violettes, campanules bleues, anémones blanches, potentilles, etc.

Observations barométriques.

Les communications météorologiques sommaires de M. de la Trobe à la Société royale de Londres, relatives au Labrador, que j'ai mentionnées plus haut, comprennent les résultats mensuels, moyens et extrêmes, d'observations barométriques faites à Nain, à 8 heures du matin et du soir, d'août 1777 à août 1780, avec un instrument dont l'échelle était en pouces et lignes de l'ancien pied français. Dans cet intervalle de trois ans, la colonne de mercure a oscillé entre $26^p\ 3^l$ et $28^p\ 10^l\ 1/2$. La moyenne de la première année a été de $28^p\ 1^l,5$, et celle des deux autres de $28^p\ 1^l,4$ soit de $761^{mm}2$. Mais on n'a pas indiqué si les observations ont été réduites à une température déterminée et constante, et à quelle hauteur la cuvette du baromètre se trouvait au-dessus du niveau de la mer. M. Kæmtz a inséré à la p. 332 du second volume de son Traité de météorologie en langue allemande, un très-long tableau comparatif de l'amplitude des oscillations irrégulières mensuelles du baromètre en 107 stations, et il y a compris celle de *Nain*, d'après La Trobe. Il résulte de ce tableau que l'oscillation moyenne mensuelle, évaluée en lignes du pied de Paris, est à Nain de $14^l,34$; la plus grande est de 19^l

Digitized by Google

en janvier, la plus faible de 9l,8 en mai. Les moyennes générales de saisons, pour la hauteur de la colonne barométrique, d'après ces mêmes observations sont:

pour l'hiver.....	28p1l,8
» le printemps..	28p2l,1
» l'été.....	28p0l,7
» l'automne....	28p1l,5.

Il a été fait aussi des observations barométriques à *Hoffenthal*, de septembre 1868 à juillet 1869, à 7 heures du matin, midi et 7 heures du soir, avec un instrument divisé en pouces anglais. Elles indiquent des oscillations comprises entre 29 et 30 1/2 pouces, et des variations diurnes et mensuelles moindres qu'on ne le supposerait, dans des parages où règnent souvent des vents violents et de grandes tempêtes. N'étant pas très-sûr que ce dernier baromètre soit suffisamment purgé d'air, je n'ai pas pris les moyennes de ces observations.

Vents, état du ciel et aurores boréales.

On a joint à ces dernières observations à Hoffenthal, l'indication des vents, de l'état du ciel et des aurores boréales. Ce sont, en général, les vents d'ouest qui me paraissent prédominants, et ils sont, plus souvent qu'on ne le présumerait, accompagnés d'un ciel clair.

Il y a eu, entre la seconde moitié de septembre 1868 et la première moitié d'avril 1869, 22 jours de temps clair où l'on a noté l'apparition d'aurores boréales, savoir:

En 1868, les 21, 22 et 27 septembre; 18, 21 et 24 octobre; 8 novembre et 7 décembre.

En 1869, les 1er et 17 janvier; 3, 4, 6, 8, 10 et 14 février; 14 et 29 mars; 6, 13, 15 et 16 avril.

Digitized by Google

J'ai comparé ces jours d'aurores boréales avec ceux d'aurores observées ailleurs, et relatées par le Père Secchi dans son *Bulletin météorologique du Collége romain.* Il y en a quelques-unes qui ont eu lieu les mêmes jours; telles sont celles des 21, 22 et 27 septembre 1868, du 3 février et du 15 avril 1869; et il y a eu souvent perturbation magnétique à Rome, quand il y avait aurore boréale au Labrador. Mais il y a eu de ces aurores observées dans le nord de l'Europe qui ne l'ont pas été à Hoffenthal, quoique le temps y fut clair; telles sont celles du 13 décembre 1868, du 23 février, des 5 et 9 mars et du 2 avril 1869. Il y a eu, en revanche, un assez grand nombre de ces aurores observées à Hoffenthal, et qui ne sont pas consignées dans le *Bulletin* du P. Secchi.

Je ne puis terminer cette Notice, sans rendre un juste hommage au dévouement persévérant des missionnaires Moraves, qui paraissent disposés à suivre l'exemple que donnent depuis longtemps les respectables chanoines du Saint-Bernard, en se livrant à des observations météorologiques avec un grand zèle. Placés, les uns et les autres, dans de très-rudes régions, et ayant de nombreuses occupations, il est intéressant de les voir consacrer ainsi une partie de leurs soins à des travaux utiles à la science, et l'on doit faire des vœux pour qu'ils puissent les continuer.

Digitized by Google

DE

L'ÉMISSION, DE L'ABSORPTION

ET DE

LA RÉFLEXION

DES

DIFFÉRENTES ESPÈCES DE CHALEUR ÉMISES PAR RAYONNEMENT

A DE BASSES TEMPÉRATURES

PAR

G. MAGNUS

2me PARTIE

DE LA RÉFLEXION DE LA CHALEUR [1]

Introduction.

Après avoir réussi à obtenir la chaleur émanant de différentes substances, portées à 150° C., absolument isolée des rayons provenant des flammes ou d'autres corps à l'aide desquels on les échauffait, et avoir constaté qu'il existe des corps qui n'émettent qu'une seule, ou tout au moins un petit nombre de longueurs d'ondulations, tandis que la plupart en émettent un grand nombre, on pouvait se poser la question de savoir si les corps présentent aussi des particularités semblables en ce qui concerne leur pouvoir réflecteur; en particulier si entre des corps qui se comportent tous parfaitement de la même manière pour la lumière, il existe quant à la réflexion de la chaleur des

[1] Pour la première partie, voyez *Archives*, numéro de mai 1870, tome XXXVIII, p. 5.

Digitized by Google

différences analogues à celles qu'ils présentent quant à l'émission, l'absorption et la transmission des rayons obscurs. Auparavant, toute recherche pour résoudre cette question eût été impossible, car, évidemment, des différences dans le pouvoir de réflexion ne peuvent être constatées, avec certitude, que si l'on opère seulement sur des rayons d'une seule ou d'un petit nombre de longueurs d'ondulations. En effet, si l'on faisait tomber sur la surface dont on veut étudier le pouvoir réflecteur un grand nombre de longueurs d'ondulations différentes, il pourrait se faire que la quantité totale de chaleur réfléchie ne fût pas sensiblement modifiée, lors même que certaines radiations isolées seraient réfléchies en plus fortes proportions que les autres.

Il est vrai que, précédemment, on pouvait se procurer des rayons d'une seule ou d'un petit nombre de longueurs d'ondulations, soit en prenant des portions limitées d'un spectre produit à l'aide d'un prisme de sel gemme, soit en soumettant préalablement les radiations émises par une source calorifique quelconque, une lampe, par exemple, à l'action d'un milieu qui jouit de la propriété de ne laisser passer qu'un petit nombre de longueurs d'ondulations déterminées et de retenir toutes les autres. Mais il y a très-peu de substances qui possèdent cette propriété, de plus, les rayons que l'on parvient à isoler de la sorte, comme ceux que l'on obtient avec le prisme, ne possèdent qu'une très-faible intensité.

Malgré ces difficultés, MM. de la Provostaye et Desains[1] ont montré déjà en 1849 que la chaleur émanant d'une lampe de Locatelli est réfléchie en proportions différentes

[1] *Comptes rendus*, t. XXVIII, 501; *Archives*, 1849, t. XI, p. 44.

Digitized by Google

par le métal des miroirs, l'argent et le platine, lorsqu'elle a traversé préalablement une plaque de verre que lorsqu'on l'a fait passer à travers une plaque de sel gemme; ils ont reconnu que, quelle que soit la surface réfléchissante, la chaleur de la lampe est réfléchie en moindre quantité dans le premier cas que dans le second.

Peu de temps après, les mêmes auteurs [1] ont publié des expériences très-étendues sur la chaleur d'une lampe décomposée par un prisme de verre, expériences qui montraient aussi que les rayons des diverses parties du spectre étaient réfléchis dans des proportions différentes. Mais, sans doute en raison de la faible intensité de la chaleur incidente, ils ont borné leurs expériences à la réflexion sur des surfaces métalliques. Maintenant qu'on possède dans le sel gemme une substance qui n'émet qu'une seule ou un petit nombre de longueurs d'ondulations, et qu'on connaît en outre d'autres corps qui, à une température de 150° C. émettent un nombre restreint de longueurs d'ondulations, il devient possible d'étendre aussi ces expériences sur la réflexion à des surfaces non métalliques.

Expériences.

Voici le procédé qui a été employé :

Comme dans les expériences sur l'émission et l'absorption, les plaques émettant les radiations particulières sur lesquelles on voulait opérer étaient chauffées au moyen de l'aérolampe; les rayons passaient d'abord, comme dans ces expériences, par une ouverture pratiquée dans un écran formé d'une double paroi métallique. Après cela,

[1] *Annales de Chimie*, 3me série, XXX, 159. — *Pogg. Ann.*, Ergänzb. III, 411.

Digitized by Google

ils traversaient une ouverture semblable percée dans un second écran identique au premier. Les deux écrans AB et CD, fig. II, étaient distants l'un de l'autre de 14 centimètres. Le premier écran AB était à 7 centimètres de la lampe. Dans les expériences consignées au tableau de la page 153, les ouvertures des deux écrans étaient carrées et présentaient 20 millimètres de côté.

Dans ces expériences, comme dans les précédentes, un écran mobile FG était interposé entre la plaque chauffée et le premier diaphragme, mais il y en avait en outre un second PR entre les deux diaphragmes. On les enlevait tous deux en même temps quand l'observation commençait. Pour faciliter cette opération, l'écran FG était disposé de façon qu'il suffît de l'élever.

Derrière le second diaphragme se trouvait une plate-forme circulaire OQ de 30 centimètres de diamètre, munie d'une graduation, disposée un peu au-dessous du plan horizontal passant par les bords inférieurs des deux ouvertures, et mobile autour d'un axe vertical dont le prolongement coupait la ligne passant par le centre des deux ouvertures. Sur cette plate-forme était fixée une planchette VW dont la ligne médiane coïncidait avec le diamètre de la plate-forme et qui portait la pile thermoélectrique munie de son réflecteur. Pour préserver la pile des variations de la température, on l'avait disposée dans une cage de verre qui laissait émerger de 3^{mm} le bord du réflecteur. Cette cage de verre était enfermée elle-même dans une boîte en carton LM, laissant de toutes parts entre elle et la cage une couche d'air de 10^{mm} d'épaisseur. La boîte en carton présentait une ouverture carrée de mêmes dimensions que celles des écrans, et disposée en avant de la base du cône de telle sorte que

Digitized by Google

son centre fût exactement sur le prolongement de l'axe de ce cône, et son plan parallèle à la face de la pile. Lorsqu'on faisait tourner la plate-forme de manière à ce que ces deux plans devinssent parallèles aux deux écrans, la ligne passant par les centres des diaphragmes arrivait à coïncider exactement avec l'axe de la pile thermoélectrique passant lui-même par le centre del'ouverture de la boîte. La distance de celle-ci à l'axe de rotation était de 10 centimètres. La pile étant dans cette position, on pouvait en observer l'échauffement par le rayonnement direct.

Pour étudier la réflexion, on plaçait sur la planchette VW un petit disque ZZ qui pouvait tourner d'une manière indépendante autour de l'axe vertical de la plate-forme OQ. C'est sur ce disque qu'on fixait la plaque réfléchissante, elle était exactement verticale et la perpendiculaire passant par son centre coïncidait avec l'axe de rotation de l'appareil.

Cette disposition permettait de faire tomber les rayons sous un angle quelconque, sur la surface réfléchissante, et d'amener la pile dans la position convenable pour qu'elle reçût les rayons réfléchis. Le chemin que les rayons avaient à parcourir entre la plaque échauffée et la pile, était ainsi toujours de la même longueur, 64 centimètres, soit par le rayonnement direct, soit par réflexion.

La réflexion a été déterminée pour différents angles d'incidence variant entre 26° et 70°. Il a paru superflu d'opérer avec des angles plus grands, et, pour de plus petits, la position de la pile même était un obstacle à l'arrivée des rayons.

Il y a peu de substances, en dehors des métaux et de leurs alliages, qu'on puisse obtenir en plaques assez grandes, pour permettre d'étudier la réflexion. Quant aux

Digitized by Google

métaux, ils ne présentent pas entre eux, à cet égard, de grandes différences, ainsi que le prouvent les expériences de MM. de la Provostaye et Desains, que nous avons mentionnées plus haut.

On a étudié en premier lieu le pouvoir réflecteur de l'argent, du verre, du sel gemme, de la sylvine et du spathfluor. Les plaques rayonnantes étaient formées de ces mêmes substances auxquelles on a encore ajouté, comme terme de comparaison, le noir de fumée appliqué en couche mince sur une plaque d'argent.

Le nombre des observations a été très-considérable, particulièrement pour la chaleur émise par le sel gemme, parce qu'il importait de constater les phénomènes extraordinaires que présente la réflexion de cette espèce de chaleur. Il n'y aurait aucune utilité à citer toutes les observations. Le tableau ci-dessous en contient une série pour chacune des substances rayonnantes. Pour chacune de ces dernières, on a indiqué la déviation obtenue par le rayonnement direct, c'est-à-dire sans réflexion, afin de donner un point de comparaison pour l'intensité du rayonnement. Les autres observations sont relatées en centièmes du rayonnement direct.

Du reste, on ne peut pas espérer trouver un accord très-grand entre les valeurs obtenues. Quoique les plaques fussent toutes très-bien planées et polies, il était difficile de les fixer toujours dans un plan parfaitement vertical. En outre, pour les substances diathermanes, la nature de la face postérieure exerce sur la réflexion une influence qui n'est pas sans importance. Enfin il n'était pas possible de continuer longtemps de suite les observations, parce que, quelques précautions que l'on prît, l'écran le plus rapproché de l'aérolampe s'échauf-

Digitized by Google

fait assez pour envoyer de la chaleur à la pile; les expériences devaient alors être interrompues, et, quand on recommençait, il n'était pas toujours possible de porter la plaque rayonnante à une température qui fût tout à fait égale à celle qu'elle avait auparavant.

PLAQUES RÉFLÉCHISSANTES		SUBSTANCE RAYONNANTE.				
		Noir de fumée sur argent [1].	Verre.	Sel gemme.	Sylvine.	Spathfluor.
sans réflexion .. ou directement.		124,5= 100	119,8= 100	21,5= 100	35.5= 100	63,0= 100
Argent poli	Angle de réflexion 33°	93,6 °/o	88.8 °/o	84,8 °/o	83,3 °/o	82.5 °/o
	45°	94.4	89,4	89.4	92,6	86,0
	62°	93,6	94.2	96,9	99,0	87,3
Verre »	33°		7,5	7.0	6,7	
	45°	8,4	8.6	9.3	9,2	11,0
	62°		14,8	13.9	13,5	15.0
Sel gemme »	33°		7.6	6.0	6,5	4.9
	45°	8,3	8,2	8.4	8.1	10,0
	62°		12.9	12,8	10.8	11.7
Sylvine »	33°		2,6	4,6	2,7	2.7
	45°	3,6	3,5	6.0	5,4	4,0
	62°		8,5	10,7	8.9	10,8
Spathfluor »	33°		7,2	23,0	15,4	6.5
	45°	8,6	8,8	24,2	18,1	10,9
	62°		14,3	33,5	24,3	12,4

Il ressort de ce tableau, malgré les incertitudes signalées plus haut, que les proportions de chaleur réfléchies sous le même angle par les différentes plaques sont, sinon égales, du moins peu différentes, quelle que soit la sub-

[1] Le noir de fumée était appliqué seulement en couche mince sur la plaque d'argent, parce que sans cela il se détachait. C'est probablement pour cette raison que le rayonnement est un peu faible.

Digitized by Google

stance rayonnante employée. Le spathfluor seul fait exception. En effet, les différentes subtances employées ont réfléchi sous un angle de 45°, les proportions suivantes de la chaleur émise par différents corps

l'argent.....	86	à	94,4	pour 100
le verre.....	8,4	à	11	»
le sel gemme..	8,2	à	10	»
la sylvine.....	3,5	à	6	»

Le spathfluor, par contre, réfléchit sous le même angle 24,2 p. 100 de la chaleur du sel gemme et 18,1 p. 100 de celle de la sylvine. Quant aux autres espèces de chaleur il les réfléchit à peu près dans les mêmes proportions que les autres substances, verre, sel gemme, etc.

Réflexion par les surfaces d'autres substances.

Outre les plaques réfléchissantes citées plus haut, on a encore employé des plaques de sélénium, de spath calcaire, de feldspath, de mica, de gypse, de quartz, de baryte sulfatée, de kryolite, de chlorure d'argent, de sel ammoniac, d'alun, de marbre et de paraffine. Quelques-unes d'entre elles donnent lieu à une différence de réflexion selon l'espèce de chaleur incidente, toutefois elle est insignifiante et le résultat n'offre pas une grande certitude. Mais par contre les différentes plaques réfléchissent en proportions très-inégales la même espèce de chaleur. La cause en est peut-être que quelques-unes d'entre elles, comme la kryolite et le sel ammoniac, ne peuvent pas acquérir le même degré de poli que le quartz, par exemple, ou que les faces de clivage du mica et du spath calcaire. Cela peut aussi tenir en partie à ce que les plaques sont plus ou moins diathermanes; car avec les pla-

Digitized by Google

ques diathermanes la réflexion ne s'effectue pas seulement sur la surface antérieure, mais aussi sur la face postérieure. C'est pour cette raison qu'une plaque mince de sel gemme, par exemple, donne lieu à une réflexion différente de celle d'une plaque épaisse de la même substance, et l'influence de la face postérieure [1] varie en outre selon qu'elle est polie d'une manière plus ou moins parfaite.

Dans le cas du spathfluor seul, il est constaté que le pouvoir réflecteur est plus grand pour les rayons provenant du sel gemme et de la sylvine que pour toutes les autres espèces de chaleur.

Il est possible, peut-être même probable, que les pouvoirs réflecteurs d'autres substances présentent des particularités analogues; mais il est évident que, si cela a lieu pour une des nombreuses longueurs d'ondulations qu'émettent le plus grand nombre des corps, la réflexion de l'ensemble de tous ces différents rayons ne serait pas modifiée au point qu'on pût apprécier une différence. Ce serait en opérant sur la chaleur du sel gemme, qui, comme nous l'avons vu dans la première partie de ce

[1] Il est possible que la cause de la faible réflexion sur la surface de sylvine soit due à ce que la plaque qui a servi dans les expériences sur la réflexion était très-épaisse et sa face postérieure de forme très-irrégulière. Il est très-rare de trouver des plaques de sylvine parfaitement limpides qui aient une grandeur suffisante pour se prêter à des expériences sur la réflexion. Celle qui a été utilisée provenait d'un cristal de 80mm de diamètre et était d'une limpidité parfaite. Ce cristal est le plus grand que je connaisse qui présente une pareille transparence, et je n'ai pas voulu risquer de le cliver, parce que la sylvine éclate encore plus facilement que le sel gemme. Pour le spathfluor, dont les plaques n'étaient pas assez grandes pour la réflexion sous un angle de 62°, on a accollé l'une à l'autre deux plaques minces dont les bords étaient bien dressés.

Digitized by Google

travail, ne contient qu'une ou un petit nombre d'espèces de chaleur que l'on constaterait les différences les plus considérables dans la réflexion.

Ces expériences confirment ce que celles sur l'émission et l'absorption avaient déjà montré, à savoir que la sylvine émet une forte proportion de la même espèce de chaleur que le sel gemme, mais que, en outre, elle émet aussi d'autres espèces de chaleur, car le spathfluor ne réfléchit que 18,1 p. 100 de la chaleur de la sylvine, tandis qu'il réfléchit 24,2 p. 100 de celle du sel gemme.

Réflexion sous des angles différents.

Les résultats qu'on a obtenus pour les différents angles d'émission, et qui sont consignés dans le tableau, présentent un certain intérêt en ce qu'ils montrent que le changement dans la réflexion selon l'incidence est très-faible sur une surface d'argent, mais qu'il est considérable sur la surface de corps non métalliques. MM. de la Provostaye et Desains[1] ont observé que presque tous les autres métaux se comportent à cet égard comme l'argent, quand on leur fait réfléchir la chaleur d'une lampe modérateur. Il paraît donc que, généralement, pour les métaux qui fournissent une grande quantité de chaleur réfléchie, les différences dues aux angles d'incidence sont à peine sensibles; tandis que pour les corps non métalliques, dont les surfaces réfléchissent beaucoup moins de chaleur, les différences dans la réflexion, selon les angles d'incidence, sont beaucoup plus considérables.

Les petites différences qu'offrent les chaleurs réfléchies

[1] *Annales de Chimie*, 3me série, XXX, 284. — *Pogg. Ann.*, Ergänzb. III, 435.

Digitized by Google

par l'argent sous les angles d'incidence les plus divers sont une nouvelle preuve que les formules de Fresnel ne sont pas applicables à la réflexion de la chaleur par les métaux. Dans un travail antérieur [1] je n'ai pas réussi à déterminer le maximum de polarisation de la chaleur réfléchie par les métaux. Il n'a donc pas été possible de s'assurer si les formules données par Cauchy peuvent s'adapter aux expériences qui nous occupent.

Dans le cas des corps non métalliques, auxquels les formules de Fresnel pour la lumière s'appliquent encore si rigoureusement, on pouvait avoir quelques doutes que ces mêmes formules fussent aussi applicables à la chaleur. Cependant MM. de la Provostaye et Desains [2] les ont trouvées parfaitement exactes pour la chaleur lumineuse. J'ai montré moi-même [3], dans un mémoire *sur la polarisation de la chaleur et sur son passage à travers des plaques parallèles,* que ces formules s'accordent exactement avec l'expérience quant au passage de la chaleur obscure à travers des plaques de verre ou de mica. On pourra donc s'en servir d'une manière approximative pour déterminer l'intensité des rayons de chaleur réfractés. Il se présente cependant une difficulté particulière à ce que l'accord soit parfait, c'est que le plus grand nombre des corps non métalliques sont plus ou moins diathermanes; d'où il résulte que la chaleur réfléchie par la surface antérieure est toujours plus ou

[1] *Ueber die Polarisation der Wärme von 100° C.* — *Pogg. Annalen*, t. CXXXIV, p. 45. — *Archives*, 1868, t. XXII, p. 265.

[2] Mémoire sur la polarisation de la chaleur par réfraction simple, et Mémoire sur la réflexion de la chaleur. (*Annales de Chimie*, 3me série, XXX, 159 et 276. — *Poggend. Ann.*, Ergänzb. III, 411 et 429.

[3] *Poggend. Annalen*, CXXVII, 600.

Digitized by Google

moins mélangée avec celle que réfléchit la face postérieure.

La grande quantité de chaleur du sel gemme qui est réfléchie à la surface du spathfluor explique pourquoi le spathfluor laisse passer si peu ou point de cette chaleur et en emet très-peu, ce qui est mis en évidence, comme on l'a vu, page 30, par le fait que la chaleur qu'émet le spathfluor est très-peu absorbée par le sel gemme.

Résultats.

Ces expériences, comme celles sur l'absorption et l'émission, ont démontré que la chaleur de la sylvine se compose en très-grandes proportions des radiations spéciales qui constituent presque exclusivement la chaleur du sel gemme, mais qu'elle renferme d'autres radiations à côté de celles-là ; car le spathfluor réfléchit sous 45° d'incidence environ 15 p. 100 de la chaleur de la sylvine, c'est-à-dire moins que de celle du sel gemme et plus que de celles des autres corps rayonnants.

Si l'œil pouvait distinguer les différentes longueurs d'ondulations de la chaleur, comme il distingue les couleurs de la lumière, le spathfluor lui apparaîtrait plus clair que tous les autres corps quand ils seraient frappés par les rayons du sel gemme. Avec les rayons de la sylvine, le spathfluor serait encore plus clair que tous les autres corps, mais moins clair cependant que sous l'influence du rayonnement du sel gemme.

Melloni a montré que les différentes substances laissent passer la chaleur en proportions très-différentes et que la source de chaleur exerce une influence considérable sur leur diathermanéité. Mais à cette époque on ne distinguait les sources de chaleur que sous le rapport de l'intensité, et

Digitized by Google

l'on savait qu'à mesure que la température était plus élevée, la diversité des longueurs d'ondulations émises augmentait. Dans la première partie de ce mémoire, on a vu qu'à une même température, bien éloignée de l'incandescence, à 150° C., les différentes substances émettent des espèces de chaleur très-différentes et par conséquent que dans un espace donné, même à une basse température, un nombre très-considérable de rayons de longueurs d'ondulations différentes se croisent constamment en tous sens. Il faut ajouter à cela les variations que nous avons vu que subit la réflexion de certaines espèces de chaleur à la surface de certaines substances suivant l'angle sous lequel elle s'accomplit et qui sont une nouvelle cause de la diversité des rayons à basse température.

Pour un œil qui pourrait saisir les différentes longueurs d'ondulations de la chaleur comme les couleurs de la lumière, tous les objets, sans qu'ils fussent inégalement chauffés, présenteraient les couleurs les plus variées.

Digitized by Google

REMARQUES

A PROPOS DE L'OUVRAGE DE M. ALFRED RUSSEL WALLACE

SUR LA

THÉORIE DE LA SÉLECTION NATURELLE[1]

PAR

ÉDOUARD CLAPARÈDE

Le nom de M. Wallace est étroitement associé à celui de M. Darwin dans l'esprit de tous ceux qui ont suivi avec attention la naissance et le développement de la doctrine de la sélection naturelle. Cependant, le rôle exact de ce savant dans l'importance chaque jour grandissante de cette doctrine, n'est peut-être point très-clair aux yeux d'une foule d'amateurs qui s'intéressent, par des motifs divers, aux péripéties de la théorie de l'évolution ou du transformisme, dite darwinienne. M. Darwin, avec l'exactitude scrupuleuse qui le distingue, n'a pas manqué de citer les noms de tous ceux qui, en même temps que lui, ou même avant lui, ont reconnu ou simplement entrevu le principe fondamental de la théorie de la sélection. Le lecteur superficiel pourrait facilement se laisser entraîner à mettre tous ces noms sur la même ligne. Mais ce serait là une grande erreur. Les mérites de MM. Wells et Partrick Matthew par exemple, relativement à la théorie de la sélection naturelle, quelque grands qu'ils puissent être d'ailleurs, ne sauraient être mis en regard de ceux

[1] Contributions to the theory of natural selection ; a Series of Essays, by Alfred Russel Wallace. London, Macmillan and C°. 1870.

Digitized by Google

d'un Wallace on d'un Herbert Spencer. Parmi ces hommes, les uns ont bien entrevu le principe, mais n'en ont point saisi la portée, les autres au contraire en ont mesuré les conséquences et montré les applications. Au nombre de ces derniers, M. Wallace est certainement au premier rang, parce que la nature même de ses occupations et la tournure de son esprit paraissent l'avoir conduit à la théorie de la sélection, précisément par la même voie que M. Darwin et en même temps que lui. Aussi les hommes spéciaux n'inscrivent-ils guère que le nom de Wallace à côté de celui de Darwin, au début de cette ère nouvelle pour la science des êtres organisés qui a été inaugurée par la publication de l'*Origine des espèces*.

M. Wallace, estimant que son rôle, dans la question de la sélection naturelle, n'a pas toujours été bien apprécié, qu'il a été amoindri par les uns, exagéré peut-être par les autres, M. Wallace, disons-nous, a eu l'heureuse idée de fixer exactement sa position relativement à la théorie dite darwinienne, en réunissant en un volume les différents travaux sur ce sujet, publiés par lui dans des Revues ou Journaux divers. Ces articles ont été retouchés, souvent augmentés, sans perdre pour cela leur caractère primitif, et l'auteur les a fait suivre de quelques chapitres entièrement nouveaux. Ce volume est destiné à rappeler que l'auteur est arrivé à la découverte de la théorie de la sélection, d'une manière entièrement indépendante, qu'il en a saisi la portée et qu'il a pu la faire servir immédiatement à l'interprétation de nombreux phénomènes jusqu'alors inexpliqués. M. Wallace n'en est pas moins vivement pénétré de l'importance majeure des travaux de M. Darwin, derrière lesquels il s'efface modestement. « J'ai ressenti toute ma vie, dit-il, et je ressens encore la

Digitized by Google

plus sincère satisfaction de ce que M. Darwin a été à l'œuvre longtemps avant moi, et qu'il ne m'a pas été réservé de tenter la rédaction de *l'Origine des espèces*. J'ai depuis longtemps mesuré mes forces, et je sais qu'elles n'auraient pas été proportionnées à la tâche..... M. Darwin est peut-être, de tous les hommes actuellement vivants, le plus approprié à la grande œuvre qu'il a entreprise et accomplie. »

On le voit, M. Wallace, malgré ses droits de copaternité sur la Théorie de la sélection naturelle, ne repoussera jamais l'épithète aujourd'hui courante de *Darwiniste*, s'il nous prend fantaisie de la lui appliquer, seulement il nous demandera de ne point oublier que tout *Darwiniste* est forcément quelque peu *Wallacien*.

On discute aujourd'hui, comme il y a quelques années, la théorie darwinienne avec beaucoup de vivacité, mais il nous semble que le terrain de la discussion a bien changé. Dans le principe, les adversaires du Darwinisme s'en prenaient aux bases même de la théorie; aujourd'hui les jouteurs portent leurs efforts, non plus sur les principes, mais sur certaines interprétations de phénomènes naturels, tentées, çà et là, plus ou moins conformément à la théorie. Il faut convenir que ces interprétations sont souvent bien risquées, quoique ingénieuses, et parfois aussi peu prouvées que probantes. Les vrais ennemis de la théorie de la sélection naturelle ne sont plus ceux d'autrefois. Cette théorie a moins à se défendre contre ses adversaires directs, à peu près réduits aux abois, qu'à faire bonne garde contre les exagérations de ses partisans. On voit aujourd'hui certains naturalistes reconstruire, sans sourciller, tout l'arbre généalogique de la première espèce venue, à travers toutes les époques géologiques ; ils

Digitized by Google

le dessinent avec autant de netteté et de coquetterie que celui d'un hobereau prussien. Puis vient un rival dont la sélection raisonnée se prononce en faveur d'une veine de sélection naturelle toute différente et qui esquisse pour la même espèce une généalogie tout autre. Chacun parle avec une autorité égale et accentuée, tellement qu'on a déjà surnommé l'un des ouvrages [1] les plus importants publiés en Allemagne sur la théorie du transformisme : *la Bible du Darwinisme.* Son auteur, M. Hæckel, permettra sans doute à un ami et ancien camarade, aussi chaud partisan que lui des idées darwiniennes, de remarquer ici combien cette critique frappe juste.

On ne peut dire que M. Wallace soit l'un de ces enfants terribles de la théorie darwinienne, bien que telle ou telle explication de phénomènes naturels, tentée par lui, puisse frapper autant par le caractère d'audace que par celui de l'ingénieux. Je ne puis lire, pour ma part, les deux premiers tiers de l'ouvrage que j'ai sous les yeux, sans me dire que M. Wallace est la seconde colonne du Darwinisme. Aussi quelle n'a pas été ma surprise d'assister dans le dernier tiers, en majeure partie de rédaction nouvelle, à une défection complète, de ce soutien éprouvé ! Subitement un rideau se lève et une scène toute nouvelle se déroule aux yeux du lecteur. Il ne s'agit point d'exagérations semblables à celles auxquelles je faisais allusion tout à l'heure, mais bien d'un abandon formel de la théorie. Le raisonnement que l'auteur tenait pour irréfutable dans la page précédente, ce raisonnement perd toute valeur dès que la feuille est tournée. Le sel a subitement perdu sa saveur.

[1] Generelle Morphologie der Organismen, von Ernst Hæckel. Berlin, 1866; 2 volumes.

Digitized by Google

Pourquoi les lois que M. Wallace a reconnues dans la première partie de son ouvrage, lui paraissent-elles suspendues dans la dernière? C'est que dans l'une il s'agit des animaux, et dans l'autre de l'homme. L'éminent naturaliste a sombré sur cet écueil que M. Darwin a si habilement su tourner dans son « Origine des espèces. » Ce dernier a fort bien compris, en lançant sa théorie dans le monde, qu'il n'avait provisoirement pas à toucher la question de l'Homme. Ce sujet aurait passionné trop vivement le public, comme nous l'avons suffisamment vu depuis lors, et le noyau de la théorie aurait été oublié. L'auteur s'en est tenu à la question générale, et pour les applications de détail, il s'est toujours adressé à d'autres types qu'à l'espèce humaine. C'est ainsi qu'il voulait maintenir la discussion sur un terrain strictement scientifique, hors de la sphère de sentiment. Mais il est clair qu un esprit aussi profondément logique que celui de Darwin, n'a pas fermé les yeux un seul instant sur les conséquences nécessaires de sa théorie. Il a cherché à établir que tous les vertébrés, par exemple, ont une souche commune. C'est par cette unité d'origine qu'il explique l'unité de composition organique de tous les êtres appartenant à cet embranchement; de même qu'il explique par la tendance à la variation et par la fixation de certaines variétés à l'aide de la sélection naturelle, la multiplicité des formes organisées malgré l'unité de l'organisation. Mais une fois cette loi établie, une fois la descendance commune constatée pour tous les vertébrés, et la formation des espèces rapportée à l'action de la sélection naturelle, M. Darwin a certainement compris que l'homme, vertébré comme les autres, devait subir la loi de la même manière qu'eux. Sur cette question, ce savant, dans son *Origine des espèces*, a été éloquent par son silence même.

Digitized by Google

Les deux points de vue auxquels s'est placé successivement M. Wallace me paraissent inconciliables, et je pense que l'auteur ne trouvera de sympathie, parmi les hommes s'occupant de la question d'une manière strictement scientifique, ni parmi les Darwinistes, ni parmi leurs adversaires. Dans les controverses des cours publics, où l'on fait appel aux sentiments les plus divers, plus qu'à la saine logique d'observateurs impartiaux, dans ces controverses, dis-je, il sera au contraire vilipendé par les uns, porté sur le pavois par les autres. Ces ondulations probables de la vague populaire n'ont pas à m'inquiéter ici, et resteront indifférentes, sans doute, à M. Wallace lui-même. Je ne désire pas davantage présenter ici une apologie du Darwinisme, bien que je sois personnellement favorable à cette théorie, mais je voudrais montrer que l'ouvrage de M. Wallace nous place en face d'un dilemme. Ce dilemme est le suivant : Ou bien la théorie a été appliquée à bon droit, par M. Wallace et d'autres, aux plantes et aux animaux, jusqu'aux dernières de ses conséquences, et, dans ce cas, elle est aussi applicable avec le même degré de rigueur à l'espèce humaine ; ou bien M. Wallace a eu raison de nier que la sélection naturelle puisse rendre compte de la formation de l'espèce humaine et de ses variétés, et alors il faut reconnaître que cette théorie n'est pas non plus apte à expliquer la formation des espèces animales et végétales.

Pour faire saisir toute l'inconséquence que je crois pouvoir reprocher à M. Wallace, il est nécessaire de suivre brièvement ce dernier dans les divers modes d'argumentation dont il a fait successivement usage. Je vais donc consacrer quelques instants à une courte analyse des chapitres principaux de son ouvrage.

Digitized by Google

Dans la première partie de son livre, M. Wallace développe la théorie du transformisme avec autant de netteté que le ferait M. Darwin lui-même. Il montre que la comparaison de certains faits, fournis avec évidence par l'observation, conduit logiquement à certaines conséquences nécessaires et en particulier à la formation d'espèces par voie de sélection naturelle. La chaîne de ces raisonnements est la suivante : L'expérience nous enseigne d'une part que la multiplication des êtres organisés a lieu d'une manière constante et rapide ; et, d'autre part, que le nombre total des individus reste à peu près invariable. De ces deux faits découle nécessairement la « lutte pour l'existence, » le nombre des morts étant en moyenne égal à celui des naissances. L'expérience nous amène en outre à constater l'existence de l'hérédité combinée avec la variation chez les êtres organisés, c'est-à-dire ce fait que les descendants ressemblent à un haut degré à leurs ancêtres, tout en offrant certaines particularités individuelles. Or il est impossible de mettre ce fait-là en regard de la lutte pour l'existence, sans reconnaître que la sélection naturelle résulte avec nécessité de l'action de ces deux facteurs. Les individus les mieux adaptés par leurs particularités personnelles aux conditions ambiantes, l'emporteront forcément dans la lutte, et le résultat sera, pour employer l'expression de M. Herbert Spencer « la survivance des plus aptes » (survival of the fittest). Enfin cette loi de la survivance des plus aptes à la lutte contre les circonstances ambiantes, combinée avec celle du changement graduel des conditions extérieures pendant la série des temps géologiques, conduit nécessairement à admettre qu'il doit s'opérer graduellement des modifications de forme dans les êtres organisés, pour maintenir

Digitized by Google

l'harmonie entre la forme de ces êtres et les circonstances modifiées. Mais aussi longtemps que ces conditions restent approximativement identiques, les modifications des êtres organisés sont pour ainsi dire nulles, et les espèces se présentent avec le caractère apparent de la permanence de forme.

C'est là, comme on le voit, toute la théorie darwinienne condensée sous une forme aussi nette que concise. La position de M. Wallace au cœur de cette doctrine darwinienne résulte avec tout autant d'évidence de l'examen des chapitres consacrés par ce savant à l'étude de quelques cas spéciaux. Je veux parler des cas où il a cru pouvoir suivre d'une manière sûre les péripéties par lesquelles ont passé certaines formes animales, à travers la lutte pour l'existence soutenue pendant des siècles, avant d'arriver à la fixation de caractères déterminés. Là, l'auteur a dû se souvenir de la parole du sage : « Audaces fortuna juvat, » mais il faut bien reconnaître que son audace est ingénieuse.

Un des chapitres les plus intéressants de M. Wallace est consacré aux « formes imitatives et aux autres ressemblances protectrices parmi les animaux. » Les Anglais désignent par le terme de *mimicry*, malheureusement intraduisible dans notre langue, la propriété que présentent certains animaux d'offrir, soit par leur forme, soit par leur couleur, une reproduction presque complète de l'apparence d'un autre animal appartenant par son organisation à un tout autre groupe zoologique et dépourvu par conséquent d'affinité avec le premier. M. Bates [1] surtout, a étudié ce sujet avec une extrême sagacité et cherché à

[1] Voyez pour une analyse des recherches de M. Bates : *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1863, tome XVII, p. 75.

Digitized by Google

établir, comme le fait aussi M. Wallace, que les espèces mimiques ou imitatives ont été produites par voie de sélection naturelle. Ces observateurs n'y voient qu'un cas spécial des conformations particulières extrêmement variées qui assurent à certains animaux une protection contre leurs ennemis et partant une plus grande chance de survivance dans la lutte pour l'existence.

Il est évident qu'il existe dans la nature une harmonie générale entre la coloration d'un animal et celle du milieu qu'il habite. Les animaux des régions polaires sont blancs; ceux du désert rappellent la teinte des sables; une foule d'espèces se confondent par la couleur avec le vert du feuillage au sein duquel elles habitent; les bêtes nocturnes sont de couleur sombre. Ces lois de coloration ne sont point universelles, mais pourtant assez générales et rarement renversées. Si nous allons un peu plus loin, nous rencontrons des oiseaux, des reptiles, des insectes bariolés ou tachetés de manière à imiter exactement la teinte du rocher, de l'écorce, de la feuille ou de la fleur sur lesquels ils reposent d'ordinaire, et il en résulte pour eux un mode efficace de protection. Un pas de plus et voici des insectes formés et colorés de manière à ressembler exactement à une feuille déterminée, à un morceau de bois mort, à un rameau moussu, à telle ou telle fleur; et, dans ces cas là, nous voyons souvent apparaître certains instincts particuliers qui aident à l'illusion. Dans une autre phase de ce même phénomène, nous n'avons plus à faire à des êtres dont la coloration semble calculée pour les soustraire aux regards, mais bien à des animaux faciles à apercevoir, souvent même dotés de couleurs vives; mais ce sont des espèces mimiques, c'est-à-dire des formes qui ressemblent à un haut degré à d'autres espè-

Digitized by Google

ces appartenant à un groupe entièrement différent au point de vue zoologique. On pourrait les considérer comme des chevaliers d'industrie qui se donnent tous les dehors de gens bien nés et respectables pour se glisser dans une société honorable. Il est clair que la nature n'est point ici coupable d'une pure mascarade. L'existence des espèces-mimes peut s'expliquer de la même manière que celle des formes ressemblant à une feuille ou à un fragment d'écorce. Ces dernières, grâce à cette ressemblance, échappent facilement aux poursuites d'ennemis carnassiers peu soucieux de la ramée, dont l'estomac ne s'accommoderait pas de fibres ligneuses. Les premières échappent aux poursuites de leurs ennemis par suite de leur ressemblance avec une espèce dont ceux-ci n'ont pas l'habitude de faire leur proie. En effet, les recherches de M. Bates et de M. Wallace semblent montrer que les espèces imitées jouissent d'une immunité remarquable contre les attaques d'autres animaux. On le reconnaît à leur extrême abondance, malgré leur vive coloration et l'absence de moyens actifs pour échapper à leurs ennemis. En revanche ces espèces se distinguent par une odeur ou une saveur pénétrante, propre à en faire des proies plus repoussantes qu'agréables, ou du moins offrent-elles une dureté qui les rend indigestes. Souvent la propriété mimique est l'apanage d'un seul sexe, qui est dans la règle le sexe féminin, et dans ce cas l'observation enseigne que la protection de la femelle pendant un temps considérable, est bien plus nécessaire pour assurer la conservation de l'espèce que celle du mâle.

Cette théorie des ressemblances protectrices est fort ingénieuse et séduisante. Je regrette que l'espace ne me permette pas de citer la série des nombreux cas ajoutés

Digitized by Google

par M. Wallace à ceux que M. Bates avait déjà fait connaître. Je voudrais pouvoir les citer tous, non pas seulement pour montrer combien il en est de séduisants parmi eux, mais aussi pour faire sentir qu'ils ne sont pas tous convaincants au même degré, et que l'audace de M. Wallace ne se laisse guère arrêter dans l'application de la théorie, lorsque des préoccupations étrangères ne viennent pas à la traverse. Qu'on me permette un seul exemple de cette dernière espèce :

Le tigre, dit M. Wallace, est un habitant des jongles, et se cache dans les massifs de hautes herbes et de bambous; les bandes verticales qui ornent son pelage, doivent se confondre avec les troncs également verticaux des bambous et faciliter au carnassier chasseur l'approche de sa proie. N'est-il pas remarquable, ajoute-t-il, que, outre le tigre et le lion, presque tous les autres grands chats vivent essentiellement sur les arbres et présentent un pelage ocellé ou tacheté qui se marie admirablement avec l'arrière-plan du feuillage? tandis que seul le pouma, à pelage uniformément brun, guette sa proie appliqué contre la maîtresse-branche de quelque arbre au point de se confondre avec son écorce.

Cette explication des différents modes de coloration des diverses espèces de chats, est sans doute ingénieuse, mais je n'oserais pas trop la taxer de séduisante. Je suis pour ma part trop prudent défenseur de la théorie darwinienne pour risquer d'en jouer l'avenir sur une semblable carte. Je ne tenterai pas d'opposer à la thèse de M. Wallace une autre explication des colorations variées des espèces si nombreuses du genre chat. Mais je ne doute pas qu'avec un peu de réflexion il ne fût possible d'en imaginer plusieurs autres tout aussi plausibles, ou

Digitized by Google

tout aussi peu plausibles, comme l'on voudra. De tels jeux d'une imagination hardie ont un intérêt que je suis le premier à reconnaître, mais je crains qu'on ne se laisse entraîner trop facilement à leur accorder une valeur scientifique à laquelle ils ne sauraient aucunement prétendre.

Un autre chapitre remarquable du livre de M. Wallace est celui auquel l'auteur donne le titre bizarre de « Philosophie des nids d'oiseaux. » Les lecteurs des *Archives* connaissent déjà cet article sous un titre plus long, mais plus clair et moins prétentieux : « Théorie sur les relations qui existent entre certaines différences sexuelles de couleur chez les oiseaux et leur mode de modification par A.-R. Wallace [1]. » On se souvient que, dans cet essai, l'auteur divise les nids d'oiseaux en deux classes : La première comprend tous les nids dans lesquels les œufs et les petits sont entièrement cachés, soit par la construction d'un toit ou dôme protecteur, soit par la circonstance que le nid est logé dans un tronc d'arbre creux ou dans une cavité souterraine. Dans la seconde classe viennent se ranger tous les nids dans lesquels les œufs, les petits et l'oiseau couveur sont entièrement à découvert et exposés à la vue. M. Wallace croit pouvoir établir que pour tous les oiseaux chez lesquels les deux sexes ont des couleurs vives et voyantes, le nid est de la première classe, tandis que les espèces chez lesquelles le mâle seul offre des couleurs gaies et brillantes, la femelle étant obscure ou terne, construisent des nids de la seconde classe.

L'examen de ces faits, dont la réalité semble parfaitement établie aux yeux de l'auteur, suggère à ce dernier les remarques suivantes : Il ne paraît exister chez les

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1868, tome XXXIII, p. 5.

Digitized by Google

oiseaux aucune incapacité pour les femelles de revêtir les mêmes teintes brillantes et les vifs contrastes de couleurs qui ornent si fréquemment leurs époux, puisque toutes les fois qu'elles sont protégées et cachées pendant l'incubation, elles se revêtent du même plumage. La conclusion à en tirer, c'est que le manque de la protection d'une bonne cachette pendant cette époque intéressante, est en relation intime avec l'absence ou l'arrêt de développement de ces riches et vives couleurs. La manière dont les choses se passent devient très-intelligible, si l'on a recours aux procédés de la sélection naturelle et sexuelle. Il est manifeste que les deux sexes sont rarement munis au même degré d'armes offensives et défensives, quand celles-ci ne sont pas absolument nécessaires à la protection personnelle; tandis que le nombre des cas dans lesquels les deux sexes sont également décorés de brillantes couleurs, prouve que l'action normale de la sélection naturelle tend à développer les couleurs et la beauté dans les deux sexes, en propageant et en multipliant toutes ces riches variétés de plumage qui, dans chaque sexe, plaisent à l'autre. La femelle cependant, appelée à couver sur un nid ouvert de tous côtés, est très-exposée aux attaques de ses ennemis, et toute modification de son plumage, qui la rendrait plus apparente encore, amènerait la destruction de l'oiseau et de la couvée. Toutes les femelles dont le plumage se modifierait dans la direction de nuances plus voyantes, seraient peu à peu exterminées, tandis que celles dont le plumage prendrait une tendance contraire, qui s'assimilerait, par exemple, à la terre, au tronc, au feuillage, auraient une bien meilleure chance de survivre. C'est ainsi qu'on aboutit à ces teintes d'un brun sale, vertes ou indifférentes qui caractérisent le plumage de la portion

Digitized by Google

supérieure du corps de la grande masse des oiseaux femelles couvant sur des nids ouverts.

Cette théorie de M. Wallace sur les relations de la couleur des oiseaux avec leur mode de nidification, est remarquablement ingénieuse et son auteur l'a développée avec une sagacité extrême. Il a même su faire tourner habilement à son avantage certaines exceptions apparentes qui deviennent par là les arguments les plus forts en faveur de sa thèse. C'est ainsi que chez le Phalarope gris, la femelle seule revêt en été le plumage de noces gai et brillant, tandis que le mâle conserve la teinte terne de la saison d'hiver ; mais il se trouve que le mâle veille ici à l'incubation et couve les œufs gisant sur la terre nue. Chez l'*Eudromias morinellus*, la femelle est également plus colorée que le mâle, mais c'est ce dernier qui paraît couver les œufs.

Cependant, quelque ingénieuse que soit cette théorie, il me semble bien difficile de lui donner une créance absolue. Les facteurs que M. Wallace pense avoir agi pour déterminer la forme des nids et la couleur du plumage, doivent sans doute peser dans la balance, mais il est probable qu'ils sont loin d'être les seuls. Je suis fort éloigné de me ranger à tous égards aux réfutations que M. Andrew Murray [1] et surtout M. le duc d'Argyll [2] ont opposées à l'article de M. Wallace. Cependant je crois démêler dans ces articles de Revues plus d'une objection très-sérieuse. Il est certain que, pour le plus grand bien de la cause du Darwinisme, M. Wallace montre parfois assez

[1] Reply to Mr Wallace's Theory of Birds' Nests, by Andrew Murray. — *Journal of Travel and Nat. History*, vol. I, p. 137.

[2] On Mr Wallace s Theory of Birds' Nests, by the Duke of Argyll.— *Journal of Travel*, etc. ; vol. I, p. 276.

Digitized by Google

d'arbitraire dans sa manière de faire jouer le grand ressort de la sélection naturelle. Son étude est consacrée à la coloration des oiseaux et, absorbé dans son sujet, l'auteur oublie que d'autres facteurs peuvent, aussi bien que la couleur, attirer l'attention des ennemis sur la gent ailée. Un nid couvert d'un dôme volumineux échappera tout aussi peu, grâce à ses dimensions, à l'œil d'un animal en quête de proie, que quelques plumes brillamment colorées. Les gamins de nos villages en savent quelque chose, comme l'a remarqué M. le duc d'Argyll, et ils ne réussissent que trop, à la présence d'un gros nid, à deviner l'oiseau caché et sa couvée. Il y a du reste dans toute l'argumentation une sorte de pétition de principe. C'est ainsi que le faisan mâle — c'est encore une remarque du duc d'Argyll — est arrivé, dans la théorie darwinienne, à conquérir son beau plumage par voie de sélection sexuelle, grâce à la prédilection des femelles pour l'aspect de couleurs vives et gaies. Il faut donc en conclure que la couleur primitive de l'espèce était une teinte plutôt terne. D'autre part, si le faisan femelle a un plumage peu voyant, c'est grâce à la sélection naturelle, qui a favorisé les individus à couleurs peu vives, dans la lutte pour l'existence, en leur permettant d'échapper plus facilement aux regards de leurs ennemis. On pourrait en conclure que la couleur primitive de l'espèce était plutôt voyante. Je sais que cette objection n'a qu'une valeur très-relative. On pourra répondre qu'à partir d'une couleur donnée, les mâles ont dû varier par sélection naturelle dans le sens d'une coloration toujours plus vive, et les femelles, également par sélection naturelle, dans le sens d'une coloration toujours plus terne. Mais il n'en reste pas moins vrai que la théorie est d'une élasticité merveil-

Digitized by Google

leuse, ou, pour parler plus exactement, qu'on peut la mettre entièrement au service de son imagination, dès qu'on part de prémisses mal assises.

On sait que M. le duc d'Argyll a défendu, en opposition au Darwinisme, l'hypothèse de la « Création par loi » (*Creation by Law*). Dans son ouvrage sur ce sujet, il attribue le brillant plumage des colibris et en général les couleurs vives des oiseaux au sentiment du Beau chez un Créateur. M. Wallace n'a pas de peine à réfuter cette hypothèse d'une manière victorieuse. L'opinion du duc d'Argyll, remarque-t-il, a sa source dans une sorte d'anthropomorphisme qui attribue à la Divinité la propriété d'être affectée agréablement ou désagréablement par les mêmes objets qui font sur nous une impression agréable ou désagréable. Mais il s'en faut de beaucoup que tout fasse sur nous dans la nature une impression favorable. Le cheval et la biche nous frappent sans doute par leur grâce, mais bien des gens ressentent une impression tout opposée à la vue d'un éléphant, d'un rhinocéros, d'un hippopotame, d'un crocodile ou d'un ver. Et si le Créateur sent de même, pourquoi s'est-il rendu coupable de ces laideurs ?

Si je fais ici allusion à cette discussion entre le duc d'Argyll et M. Wallace, ce n'est pas que je veuille aborder l'examen de la théorie des « Créations par loi, » je désire au contraire la laisser entièrement de côté. Mon but est seulement de montrer que les armes dont M. Wallace se sert victorieusement pour attaquer le duc d'Argyll, se retournent contre lui-même. Sans doute, c'est un pur anthropomorphisme que de supposer chez un Créateur un sentiment du Beau entièrement semblable au nôtre, et une telle hypothèse n'a rien à faire avec la

Digitized by Google

science. Mais cet autre anthropomorphisme par lequel les Darwinistes supposent chez les oiseaux un sens du Beau identique au nôtre, est-il plus justifié? Soit M. Darwin, soit M. Wallace, expliquent la formation de la belle voix et du beau plumage chez les oiseaux mâles par sélection sexuelle. Les femelles sont censées donner toujours la préférence aux mâles qui, au point de vue humain, ont la plus belle voix et les plus brillantes couleurs. Au contraire, chez toutes les espèces à cri désagréable pour l'oreille humaine et à couleur sombre, la nature du cri comme de la couleur a dû sa formation à une autre forme de sélection que la sélection sexuelle. Quel oubli de l'antique dicton : *De gustibus et coloribus non est disputandum!* Si ce dicton a été reconnu vrai chez toutes les nations civilisées, il acquiert une force bien autrement grande lorsqu'il s'agit de son application à des oiseaux. Serait-il absurde de supposer chez certains oiseaux un goût prononcé pour les couleurs sombres, comme ce goût existe chez beaucoup d'hommes? Et alors ne devient-il pas possible, contrairement à MM. Darwin et Wallace, d'expliquer la couleur terne de certaines espèces par sélection sexuelle? N'en peut-il pas être de même pour la voix criarde de tel ou tel volatile? Certes, il est dangereux de baser un édifice sur quelque chose d'aussi subjectif qu'un sentiment, quelle que soit du reste la nature de l'être chez lequel on le suppose plus ou moins gratuitement, oiseau ou Créateur!

On voit que la hardiesse ne fait point défaut à M. Wallace dans ses interprétations darwinistes. Je désire qu'on ne se méprenne pas sur la portée des pages qui précèdent et qu'on n'y voie point une attaque dirigée contre la théorie de la sélection naturelle, de la justesse de laquelle

Digitized by Google

je suis au contraire entièrement pénétré. J'ai voulu seulement montrer que, dans son enthousiasme pour la théorie, M. Wallace se laisse souvent entraîner à des conclusions qui dépassent les prémisses, à des interprétations qui peuvent être vraies, mais dont l'exactitude n'est pas suffisamment démontrée. Il me semble en général beaucoup plus fort, beaucoup plus concluant dans ses réfutations des attaques dirigées contre le Darwinisme, que dans ses tentatives pour chercher de nouvelles interprétations en faveur de cette doctrine. Il a su répondre par exemple d'une manière sobre, mais complète, à une des objections apparentes qu'on a opposées avec le plus de force à la théorie de la sélection. Essaie-t-on d'exagérer par voie de sélection raisonnée la variation d'une espèce dans une direction déterminée, telle est cette objection, on arrive assez vite à obtenir une somme de modifications considérable, mais bientôt la rapidité des modifications diminue graduellement, jusqu'à ce qu'on atteigne un degré de variation extrême qui ne saurait être dépassé. C'est ainsi que par une série de croisements bien entendus, on peut produire en peu d'années une race de chevaux de course égale en promptitude aux meilleurs races de chevaux coureurs précédemment existantes, mais ce terme une fois atteint ne peut être dépassé. On a cru pouvoir conclure de cette observation que la sélection ne peut faire varier une espèce que dans certaines limites déterminées et que la permanence des espèces est une conséquence nécessaire de ce fait. M. Wallace sait fort bien répondre à cette objection, en montrant que ses promoteurs ont déplacé la question de son véritable terrain. Il ne s'agit point, en effet, de savoir si les modifications peuvent avoir lieu à l'infini dans une direction donnée, mais bien si des diffé-

Digitized by Google

rences du même ordre que celles offertes par la nature, peuvent résulter de l'accumulation de petites variations par voie de sélection. Pour ce qui concerne le cas particulier, il est certain qu'il y a dans la nature une limite à la rapidité de la progression des animaux terrestres. Tous les animaux très-habiles à la course (cerfs, antilopes, lièvres, renards, lions, léopards, chevaux) ont atteint sensiblement le même degré de rapidité. Il y a sans doute longtemps que ces espèces ont acquis le maximum de vitesse possible dans les conditions de vie terrestre. Tant que ces conditions subsistent, on ne peut guère s'attendre à voir la rapidité de ces animaux augmenter notablement par voie de sélection naturelle ni de sélection raisonnée. Par une raison analogue, on ne peut espérer d'obtenir un plus grand développement de l'éventail caudal chez la race de pigeons connue sous le nom de pigeons-paons. Les éleveurs semblent avoir réalisé le maximum de modification possible dans ce sens, conciliable avec l'organisation de l'oiseau. Ils ont obtenu dans cette race la formation d'un nombre de pennes caudales, non-seulement supérieur à celui d'un pigeon quelconque, mais encore supérieur à celui de l'une quelconque des 8000 espèces d'oiseaux connus. Il est clair qu'il doit y avoir une limite au nombre des pennes d'une queue propre au vol, et cette limite a été sans doute atteinte par les pigeons-paons. Par ces exemples et par d'autres encore, M. Wallace nous paraît avoir efficacement défendu la théorie du transformisme contre l'objection précitée.

Suivons maintenant M. Wallace, ce Darwiniste ingénieux et audacieux à la fois, dans son application de la théorie de la sélection naturelle à l'homme. Nous ne tarderons pas à voir son audace se paralyser, et le tour in-

Digitized by Google

génieux de son esprit s'exercer à prendre la sélection naturelle en défaut, même dans les cas où son action semble fort simple.

M. Wallace est un naturaliste, et l'on ne peut s'attendre à le voir, dans la question de l'origine de l'homme, prendre la position d'un théologien ou d'un artiste amateur en cosmogonie. L'homme reste, à ses yeux, un vertébré, et descend, par voie de génération, d'une forme pithécoïde antérieure. Ce n'est qu'un anneau dans la chaîne généalogique des formes animales. Le naturaliste anglais n'en est pas moins frappé de la grande distance qui sépare, à certains égards, l'homme du reste de la nature animale, et il cherche à l'expliquer.

M. Wallace remarque d'abord que la sélection naturelle ne saurait agir sur l'homme avec la même intensité que sur les animaux, pour former des races nouvelles et conduire avec plus ou moins de rapidité à la transformation de l'espèce humaine en espèces différentes. Ce point est développé avec beaucoup de sagacité. En effet, l'homme peut échapper, en grande partie, aux influences qui agissent continuellement pour transformer les espèces animales. Grâce à la supériorité de son intelligence, il se fabrique des vêtements et des armes, et cultive le sol de manière à n'être jamais sevré d'une nourriture appropriée à ses besoins. Son espèce peut donc se conserver, à l'inverse de ce qui a lieu pour les autres animaux, sans que son corps se modifie parallèlement aux changements des conditions extérieures. L'intelligence de l'homme lui permet de se maintenir en harmonie avec les changements du monde ambiant, indépendamment de toute variation de son corps.

C'est ainsi que des changements dans la géographie

Digitized by Google

physique d'une contrée, dans le climat et d'autres conditions analogues, peuvent produire, chez telle ou telle espèce animale, des modifications de la fourrure, des armes offensives et défensives, et d'autres particularités d'organisation. Ces modifications doivent se produire, sous peine d'extinction de l'espèce. Supposez, par exemple, que les antilopes diminuent rapidement de nombre dans une contrée, et que quelque grosse espèce carnassière, qui faisait jusqu'alors de ce ruminant sa proie principale, soit réduite à la nécessité d'attaquer des buffles. En face d'une proie aussi vigoureuse et bien plus habile à la défense que les antilopes, nos carnassiers seront placés dans des conditions bien moins favorables qu'auparavant. Les plus vigoureux d'entre eux, ceux qui seront armés des griffes les plus fortes et les plus crochues, ainsi que des canines les plus puissantes, pourront seuls maîtriser leur proie et triompher dans la bataille de la vie. Les plus faibles périront d'inanition et de misère. C'est ainsi qu'il se formera graduellement une nouvelle race de carnassiers, distinguée par la vigueur et la puissance de ses armes. Mais l'homme, transporté dans des conditions toutes semblables, n'acquiert ni des ongles plus crochus, ni des dents plus saillantes, ni une plus grande rapidité à la course. Il aiguise mieux sa lance, se tend un arc plus vigoureux, imagine une trappe, s'associe avec ses semblables pour chasser en commun et s'emparer du buffle, sans qu'aucune modification de son corps soit nécessaire pour la réalisation de ce but.

Ce n'est pas à dire que la sélection naturelle cesse d'agir sur l'homme pour le modifier; mais les modifications produites sont d'un ordre tout autre que celles opérées sur les animaux. C'est l'homme le plus intelligent, le

Digitized by Google

plus rusé qui triomphera dans la lutte pour l'existence, et la sélection naturelle continue d'agir sur l'espèce humaine pour assurer la formation de races de plus en plus intelligentes. Son action est en quelque sorte localisée sur le cerveau. Pour M. Wallace, l'homme a cessé d'être un singe à l'époque où « son intelligence a pris une plus grande importance que la structure de son corps, » c'est-à-dire à l'époque où son intelligence l'a mis en état de faire équilibre aux modifications du monde extérieur, indépendamment de tout changement des organes autres que son cerveau. M. Wallace pense pouvoir rendre compte par ce fait, d'une part, de la ressemblance anatomique du squelette, allant presque jusqu'à l'identité, entre l'homme et les singes anthropomorphes, et, d'autre part, des dissemblances cérébrales entre l'homme et ces mêmes singes, dissemblances qui ont paru à M. Owen assez importantes pour ériger l'homme en une sous-classe à part (Archencéphales), parmi les mammifères. Il est bon cependant de remarquer ici que les principales différences signalées par M. Owen, entre le cerveau des hommes et ceux des singes anthropomorphes, sont contestées par tous les anatomistes.

Jusqu'ici nous reconnaissons toujours en M. Wallace le plus pur Darwiniste; mais la scène va changer, maintenant que nous allons voir ce savant s'occuper des limites de la sélection naturelle appliquée à l'homme. Les races d'animaux domestiques ne sauraient exister à l'état sauvage, parce qu'elles n'y rencontrent point les conditions nécessaires à leur formation, pas plus qu'à leur conservation. C'est seulement dans les conditions artificielles imaginées par l'homme que ces races ont pu se produire, et elles ne peuvent se conserver que sous l'égide humaine.

Digitized by Google

M. Wallace pense que les conditions de la transformation d'un singe en homme, de la formation des races humaines et de leur conservation, ne peuvent pas davantage se rencontrer dans la nature, et nécessitent, pour leur production, l'intervention d'une Force supérieure. Les races humaines constitueraient donc en quelque sorte, à ses yeux, les animaux domestiques d'une Force divine.

Voici les principaux arguments de M. Wallace en faveur de son opinion :

1° Les hommes préhistoriques et les races sauvages actuelles nous présentent un développement du cerveau, quant à son volume, à peine inférieur à celui des races civilisées. Ces hommes primitifs semblent donc être en possession d'un organe dont le volume n'est pas proportionné à ses fonctions. Il faut en conclure que cet organe a été préparé d'avance pour être utilisé plus tard, à une époque de civilisation avancée, et qu'une Force supérieure a guidé la formation de cet organe dans la prévision de ce résultat.

2° Chez tous les mammifères, le poil atteint son maximum de développement le long de l'échine, où il est disposé de manière à faciliter l'écoulement de l'eau qui tombe sur le dos de l'animal. La fourrure se développe même fréquemment en une véritable crinière dans cette région. L'homme, au contraire, offre une peau nue, encore plus dépourvue de poils sur le dos que partout ailleurs. Il n'en sent pas moins la nécessité de protection dans cette région; car, les races même les plus sauvages, éprouvent le besoin de se couvrir au moins le dos et les épaules d'une peau d'animal. Le sentiment même de ce besoin de couverture montre que, chez l'homme, cette absence de poils sur le dos ne saurait être le résultat de la sélection

Digitized by Google

naturelle. Il faut donc recourir à l'intervention d'une autre force pour expliquer cette suppression des poils.

3° Chez tous les singes, le membre postérieur est converti en une sorte de main. Le pouce est chez tous opposable aux doigts. Il est difficile de comprendre comment et pourquoi la sélection naturelle aurait pu transformer ce pouce du membre postérieur, organe si utile, en un orteil peu mobile, comme celui de l'homme. Il est donc plus simple d'expliquer cette transformation par l'intervention d'une Force supérieure. D'autre part, la main humaine offre une multitude d'aptitudes diverses que nous voyons mises en œuvre dans notre monde civilisé. Toutes ces aptitudes existent à l'état latent dans la main du sauvage, qui ne sait pourtant pas en faire usage, et il est probable que ses prédécesseurs préhistoriques l'ont su encore bien moins que lui. Déjà les singes ont une main qui paraît beaucoup trop bien conformée pour le pauvre usage que ces animaux en font. Il semble donc naturel d'admettre que la main a été préparée longtemps d'avance par une Force supérieure, afin que l'homme pût s'en servir lorsqu'il aurait atteint un degré de civilisation suffisant pour en découvrir les aptitudes latentes.

4° Quelle admirable souplesse du larynx chez nous autres hommes civilisés, chez nos dames surtout! Quelle puissance de la voix! quelle douceur, quelle harmonie dans les sons! Le sauvage au contraire ne chante pas. Son chant prétendu est un hurlement rauque, et sa femelle ne connaît que le silence. Jamais sauvage n'a recherché une femme pour la beauté de sa voix et la sélection sexuelle n'a donc pu contribuer à en perfectionner ni le timbre ni l'étendue. Et cependant le larynx du sauvage est conformé comme celui de l'homme civilisé. Il faut donc

Digitized by Google

admettre que cet appareil a été préparé d'avance par une Force supérieure qui l'a doté de capacités latentes, susceptibles de se révéler à l'homme une fois civilisé et devenu capable des jouissances de l'harmonie.

5° L'homme civilisé connaît des jouissances artistiques de forme et de nombre qui rendent possibles l'arithmétique et la géométrie. Rien de tout cela n'existe chez le sauvage, qui ne connaît pas davantage les sentiments de pure moralité ni les nobles émotions. Jamais la sélection naturelle n'aurait pu produire toutes ces choses parfaitement privées de point de contact avec les exigences de la vie sauvage. Seule une Force supérieure a pu faire naître ces facultés. Et cependant le sauvage possède déjà un cerveau à peu près aussi développé que celui de l'homme civilisé, cerveau qui deviendra l'organe de ces facultés. La Force supérieure a donc dû provoquer, chez l'homme sauvage, un développement du cerveau bien supérieur à celui du singe, développement, il est vrai, parfaitement inutile à ce sauvage, mais calculé en vue des facultés dont cette Force voulait doter plus tard l'homme civilisé.

Ces exemples, qui sont d'ailleurs les principaux, suffiront pour montrer que je n'avais pas tort d'annoncer la défection complète du darwiniste Wallace. Mon intention n'est pas de les reprendre point par point pour les réfuter en détail. Le lecteur, qu'il soit partisan ou adversaire de la théorie de la sélection naturelle, se sera déjà acquitté de cette tâche en tenant compte du point de vue précédent de l'auteur. Je me bornerai aux réflexions suivantes :

M. Wallace n'a pas reculé devant l'explication de la formation graduelle du chant de la fauvette et du rossi-

Digitized by Google

-gnol par voie de sélection naturelle. La chose est toute simple, bien fou serait celui qui voudrait recourir ici à l'intervention d'une Force supérieure, amie du Beau! Les fauvettes femelles et les rossignols de même sexe ont toujours accordé de préférence leurs faveurs aux mâles bons chanteurs. C'était la conséquence de leurs goûts musicaux et des aptitudes harmoniques de leur oreille. Malheur aux pauvres mâles à registre peu étendu ou à timbre fêlé! les douceurs de la paternité leur ont été impitoyablement refusées; ils sont morts de jalousie dans la tristesse et l'isolement. Ainsi s'est formée la race des bons chanteurs qui peuplent nos bocages. Pourquoi n'y a-t-il pas de chanteuses? Sans doute que les oiseaux mâles ne se sont jamais soucié de la voix de leurs épouses, soit parce qu'ils n'avaient pas l'oreille juste, soit plutôt, car cela serait contradictoire, parce que leurs goûts musicaux étaient suffisamment satisfaits par leurs concerts personnels. Peut-être aussi les femelles n'avaient-elles point d'aptitude virtuelle au perfectionnement de la voix; peut-être avaient-elles atteint l'extrême limite de développement vocal compatible avec l'organisation d'un oiseau du sexe féminin; ou bien enfin la sélection naturelle produite sous l'influence des poursuites exercées par des essaims de toutes sortes contre les belles couveuses, sélection favorable, selon M. Wallace, à la production de couleurs sombres, a-t-elle mystérieusement éteint même l'éclat de sa voix. Quoi qu'il en soit, il est évident pour M. Wallace que la sélection sexuelle, en d'autres termes le goût des dames fauvettes pour la musique, a amené le grand perfectionnement de la voix des virtuoses de l'autre sexe. Mais, dans l'espèce humaine, la chose aurait-elle pu se passer ainsi? Le chant harmonieux et enchan-

Digitized by Google

teur d'une *prima donna* aurait-il pu naître et se perfectionner par voie de sélection ? Le goût musical des auditeurs pourrait-il avoir eu une influence sélectrice sur ce phénomène ? Jamais, au grand jamais ! Seule l'intervention d'une Force supérieure a pu amener un résultat pareil, car jamais homme primitif n'a eu de goût pour la musique. M. Wallace le sait bien : il a vécu si longtemps parmi les sauvages qui ont pu le lui dire ! Au contraire, les femelles fauvettes primitives et les femelles rossignols primitives, avaient déjà le goût musical longtemps avant que leurs époux eussent appris à chanter. Comment M. Wallace le sait-il ? Le lui ont-elles dit ? N'importe, il le sait.

Passons aux poils qui font défaut au dos de l'homme. Un darwiniste à tout prix, voyant que toutes les peuplades sauvages ont l'habitude de se couvrir le dos et les épaules d'un lambeau de peau d'animal, en aurait sans doute conclu que cette hab tude remonte à une très-haute antiquité. Il aurait peut-être pensé que l'homme primitif, apparu d'abord dans une contrée tempérée et sèche, avait appris à se couvrir d'une toison d'animal en s'aventurant plus au nord ou plus au sud. C'est ainsi que nos pères se seraient protégés de bonne heure déjà contre les intempéries, contre le soleil aussi bien que contre la pluie et le froid. Que ce vêtement rude et primitif ait été jeté sur le dos et les épaules, cela semble tout naturel. N'était-ce pas la position la moins gênante pendant le travail et les occupations de toute nature ? Qui sait enfin si le frottement continuel du vêtement dans cette région, pendant une longue série de siècles, n'a pas pu finir par amener une rareté relative des poils sur le dos humain ? Sans doute il est facile d'opposer des objections à une telle hypothèse.

Digitized by Google

Mais pourrait-on la supposer trop hardie aux yeux d'un homme qui n'hésite pas à faire dériver, par sélection naturelle, les mammifères velus et les oiseaux emplumés des reptiles écailleux, et ceux-ci des batraciens nus ? C'est pourtant le cas. M. Wallace se déclare incapable d'expliquer la nudité du dos de l'homme par voie de sélection naturelle ; il invoque l'intervention d'une Force supérieure pour racler le poil de l'échine de l'homme pithécoïde, et transformer cet être en singe humain. Ce même M. Wallace n'hésite pourtant pas, en vrai Darwiniste, à voir dans l'Archæopteryx un Reptile récemment arrivé à l'état d'oiseau par voie de sélection naturelle. Séduit par les beaux travaux de M. Huxley, il sait reconnaître dans le Compsognathus et tous les Dinosauriens des Reptiles en train de marcher vers l'état d'oiseau. Il peut découvrir dans les Labyrinthodontes d'ex-Batraciens en voie de se transformer en Crocodiles, en Lézards ou en Ganoïdes ; dans l'Helladotherium, une ex-Antilope cheminant vers la phase de Girafe, etc. Dans toutes ces transformations il voit, avec M. Darwin et ses partisans, le simple effet d'une sélection naturelle longtemps prolongée.

Que M. Wallace soit au moins conséquent dans la question de la chute des poils. Si l'intervention d'une Force supérieure lui semble nécessaire pour épiler le dos de l'homme, qu'il sache se résoudre à la faire agir de même sur l'échine de l'éléphant, du rhinocéros, de l'hippopotame ou du cachalot.

M. Wallace remarque que le cerveau du sauvage, — et il aurait pu ajouter de certains idiots, — peut être aussi développé que celui d'un homme de génie. Logiquement il aurait dû en inférer, comme l'ont fait depuis longtemps les physiologistes, que les dimensions du cerveau

Digitized by Google

ne donnent point la mesure du degré de développement intellectuel, et que le *volume* n'est que l'un des nombreux facteurs de la constitution du cerveau dont le résultat est l'intelligence. M. Wallace a préféré en conclure qu'une Force supérieure a doté le sauvage d'un organe inutile à ce dernier, mais destiné à être utilisé par ses descendants devenus des hommes civilisés. Je m'abstiens de combattre ici cette opinion, puisque mon objet n'est point pour le moment une apologie du Darwinisme. En revanche, je me demande pourquoi M. Wallace n'applique pas le même mode de raisonnement à une foule d'autres cas. Ainsi, par exemple, une grande partie des passereaux offrent, comme on sait, un larynx très-complexe, muni d'un grand nombre de muscles. Cette complexité du larynx est évidemment en relation intime avec le fait que tous les oiseaux bons chanteurs appartiennent à ce groupe. Toutefois beaucoup de ces passereaux munis d'un appareil vocal complexe, ne se distinguent nullement par la beauté de leur voix. On peut expliquer cette contradiction apparente par le fait qu'il s'agirait d'espèces autrefois chanteuses, mais ayant depuis lors, pour une raison ou pour l'autre, perdu l'habitude de chanter. Cependant il me semble que le raisonnement imaginé par M. Wallace dans sa phase anti-darwinienne, serait ici parfaitement applicable. Ces oiseaux possèdent dans leur larynx un organe beaucoup trop bien conformé pour l'usage qu'ils en font. Il est donc nécessaire d'admettre l'intervention d'une Force supérieure pour façonner cet appareil, inutile aux oiseaux qui le possèdent, mais calculé en vue de générations nouvelles qui, dans un avenir plus ou moins éloigné et dans des conditions déterminées, apprendront à chanter. Que M. Wallace aurait-il à répondre à une semblable argumentation ?

Digitized by Google

Il est inutile de poursuivre plus loin cette discussion. Je crois avoir amplement prouvé que M. Wallace s'est placé successivement à deux points de vue entièrement inconciliables. Son livre semble écrit par deux auteurs, l'un darwiniste audacieux, l'autre anti-darwiniste aveugle. J'ai cherché dans ces pages à faire abstraction autant que possible de mes sympathies personnelles en faveur de la théorie du transformisme, et je crois pouvoir poser les conclusions suivantes en dehors de toute préoccupation de parti pris :

Ou bien M. Wallace a eu raison de faire intervenir une Force supérieure pour expliquer la formation des races humaines et guider l'homme dans la voie de la civilisation, et alors il a eu tort de ne pas faire agir cette même Force pour produire toutes les autres races et espèces animales ou végétales ; ou bien il a eu raison d'expliquer la formation des espèces végétales et animales par la seule voie de la sélection naturelle, et alors il a eu tort de recourir à l'intervention d'une Force supérieure pour rendre compte de la formation des races humaines.

Digitized by Google

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

Kohlrausch et Nippolt. Détermination de la résistance électrique de l'acide sulfurique au moyen des courants alternants.

Le numéro d'avril 1870 des *Annales de chimie et de physique* renferme un extrait d'un travail de MM. F. Kohlrausch et A. Nippolt, qui a paru *in extenso* dans le tome XXXVIII des *Annales de Poggendorff* sur l'*extension de la loi de Ohm aux électrolytes et sur une détermination numérique de la résistance de l'acide sulfurique au moyen des courants alternants.*

Les auteurs du mémoire reconnaissent que la méthode employée n'est pas nouvelle et me citent comme le premier qui en ait fait usage; seulement ils ajoutent que la polarisation n'est pas complétement détruite par ce moyen et qu'on peut espérer d'arriver à l'annuler complétement en diminuant la durée des courants alternatifs et en augmentant l'étendue des électrodes. Or c'est précisément ce que j'avais fait en employant, soit des courants provenant d'une pile ordinaire, rendus alternatifs au moyen d'un commutateur, soit des courants produits par une machine d'induction de Clarke. Après avoir montré que l'action interceptante de diaphragmes métalliques interposés dans un liquide conducteur est d'autant moindre que ces diaphragmes sont plus facilement attaquables par le liquide, et que les courants alternatifs se succèdent plus rapidement, j'ajoutais que même avec le platine, en employant de larges surfaces avec de l'acide sulfurique étendu pour électrolyte, je parvenais à annuler complétement la résistance au passage. Il est vrai que, pour obtenir ce résultat, je devais faire succéder très-rapidement les courants alternatifs les uns aux autres, de manière qu'il y en eût au moins 40 par seconde, tandis

Digitized by Google

qu'avec 27 il y avait encore une résistance sensible, du moins avec les diaphragmes en platine [1].

MM. Kohlrausch et Nippolt, en appliquant leur méthode à la détermination de la résistance de l'eau acidulée par l'acide sulfurique à divers degrés de concentration, ont dressé un tableau dans lequel ils indiquent cette résistance pour différents degrés de densité du liquide. Il résulte de ce tableau que l'eau acidulée qui contient de 28 à 35 pour 100 (ce qui fait une moyenne de 31,6 pour 100) d'acide monohydraté, est celle qui offre la plus petite résistance au passage du courant.

J'avais déjà obtenu un résultat presque identique en 1830 dans un travail relatif à l'action de l'acide sulfurique sur le zinc. Ayant trouvé que la dissolution d'acide sulfurique qui exerce la plus vive action sur le zinc est celle qui renferme environ 30 parties d'acide sulfurique pur sur 70 d'eau, soit 30 pour 100, j'avais montré que cette même dissolution est en même temps de toutes la meilleure conductrice de l'électricité. C'était une preuve que j'ajoutais à celles que j'avais données, que l'action de l'cide sulfurique étendu sur le zinc est une action électro-chimique [2].

Je dois ajouter que la détermination de la densité de la dissolution qui présente le minimum de résistance n'est pas très-précise, car les deux savants allemands ont trouvé que la dissolution de 1,2045 de densité, qui renferme 28 pour 100 d'acide, présente une résistance de 13107, et que celle dont la densité est de 1,2631, qui renferme 35 pour 100 d'acide, présente une résistance de 13106, ce qui fait une bien petite différence entre les deux résistances. Dans mes expériences j'avais trouvé que c'était la dissolution dont la densité est de 1,2150, c'est-à-dire qui renferme 30 pour 100 d'acide, qui possède la plus grande conductibilité électrique.

[1] Voyez *Archives de l'Électricité* (1841), tome I, p. 231, et *Traité d'Électricité*, par M. Auguste DE LA RIVE, tome II, p. 346 et 347.

[2] *Annales de chimie et de physique* (1830), tome XLIII, p. 425.

Digitized by Google

Il est probable que cette propriété remarquable de la dissolution d'acide sulfurique, qui renferme de 30 à 32 p. 100 d'acide, est liée soit avec d'autres propriétés, soit avec la constitution chimique de la même dissolution; j'ai déjà montré que c'est elle qui exerce l'action la plus forte sur le zinc.

A. DE LA RIVE.

J.-P. HARRISON. SUR LA RADIATION SOLAIRE. (*Philosophical Magazine*, janvier 1870.)

L'auteur avait déjà montré, en 1867 [1], en se servant d'un thermomètre à boule noircie et de l'actinomètre d'Herschell, que les effets maximum de la radiation solaire, à l'observatoire de Greenwich, ont lieu, en moyenne, quelques semaines après le solstice d'été, à environ deux heures après midi, époque de la journée où l'atmosphère paraît habituellement chargée d'une quantité considérable de vapeur aqueuse. Ce résultat est d'accord avec une observation déjà faite, savoir, que les températures les plus élevées, indiquées par le thermomètre solaire dans l'Inde, ont lieu précisément dans des districts comparativement très-humides [2], fait que l'auteur explique, en supposant que cet accroissement dans l'insolation est dû à une radiation provenant des nuages et de la vapeur visible. Dès lors, deux années d'observations consécutives faites dans le but de déterminer, d'une manière plus précise, la nature de la relation entre l'hmidité et l'insolation, ont paru de nature à confirmer l'explication proposée.

Déjà, en 1865, le professeur Forbes avait remarqué « qu'un temps nuageux, pourvu que le soleil ne soit pas presque entièrement caché, paraît plutôt de nature à accroître les effets de la radiation solaire. » Ce résultat, suivant M. Harrison, ne se vérifie pas seulement les jours où il y a des nuages visibles; puisque, lors même que le ciel paraît parfaitement se-

[1] *Proceedings of the Royal Society*, février 1867.
[2] *Proceedings of the Royal Society*, mars 1865.

Digitized by Google

rein, une radiation solaire exceptionnellement intense paraît souvent être due à la présence d'une vapeur transparente, facile à constater en plaçant la main ou tout autre écran entre soi et le soleil. C'est ainsi que, le 2 mai 1868, jour où la radiation solaire était comparativement intense, l'auteur, en cachant le soleil au moyen d'un écran, a pu apercevoir, autour de cet astre, une lueur blanchâtre, et la couleur du ciel, qui avait d'abord paru d'un bleu clair, était devenue d'une teinte pâle, surtout du côté du midi. Mais le résultat le plus frappant de cette série d'observations est le suivant : c'est qu'il se manifeste un accroissement dans la radiation solaire lorsque le soleil se trouve derrière un nuage blanc d'une ténuité suffisante pour permettre le libre passage des rayons solaires à travers son tissu. C'est ainsi qu'au mois d'octobre 1867, à deux heures, l'auteur ayant remarqué une élévation subite dans un thermomètre solaire convenablement exposé, s'est assuré, en voilant le soleil au moyen d'un écran, que cet astre venait d'entrer dans le bord brillant d'un cumulus. De même, le 11 mai 1868, à 2 heures 40 minutes, au moment où un nuage blanc s'est approché du soleil, on a vu le thermomètre monter de 2°,2 cent., et, 30 secondes plus tard, lorsque le soleil est entré dans le nuage, il est encore monté de 1°,6. Le même jour, à 2 heures 3 minutes, le thermomètre solaire accusait 38°, le soleil se trouvant au milieu de cirrus ; mais, dès qu'il en est sorti, la température a baissé de 5°, pour se relever de 3°,3 au moment où un léger nuage a passé de nouveau devant le soleil. Le temps était d'ailleurs parfaitement calme.

Le 15 mai 1868, la plus haute température accusée par le thermomètre solaire a eu lieu à 2 heures 17 minutes, au moment où un nuage blanchâtre passait devant le soleil. Le 21 juillet 1868 à 2 heures, le maximum thermométrique (53°,5) a eu lieu au moment où le soleil se trouvait dans un ciel pâle et entouré de cumulus blancs, dont quelques-uns se trouvaient éloignés de un à deux diamètres de son disque.

Digitized by Google

Pour citer un dernier exemple au milieu de beaucoup d'autres, le 3 août 1848 à midi et 40 minutes, le ciel paraissant serein et la température à l'ombre étant de 27°,7, le thermomètre solaire indiquait 44°,5. Au bout de 2 minutes il est monté à 51°,6, la température de l'air ne s'étant accrue que de 0°,2. En examinant attentivement le soleil, on a remarqué de petits cirrus blancs qui traversaient le disque de cet astre.

L'auteur, après avoir constaté que les nuages légers, de même que les vapeurs transparentes ont pour effet d'augmenter la radiation solaire, a fait une série d'expériences, en se servant d'écrans circulaires de grandeur différente, pour déterminer, si possible, la distance autour du soleil à laquelle ces effets d'accroissement de radiation sont sensibles au thermomètre. Les observations ont été faites lorsque le soleil avait atteint une hauteur de 30 à 50 degrés. Les différents écrans étaient placés successivement à une distance uniforme de six pouces de la boule d'un thermomètre solaire, d'un quart de pouce de diamètre, et recouverte d'encre de Chine. Ce thermomètre était couché sur une plaque de chêne de couleur foncée, de dix pouces de long sur deux de large, posée sur l'herbe. — Voici maintenant les résultats obtenus :

1° Un écran de demi-pouce de diamètre a réduit de *un tiers* la différence entre un thermomètre solaire et un thermomètre ordinaire placé à l'ombre, à quatre mètres de distance.

2° Un écran de deux pouces et demi de diamètre a réduit cette différence des *deux tiers*.

En faisant passer les rayons du soleil à travers une ouverture circulaire de deux pouces et demi de diamètre, pratiquée dans un écran de douze pouces, et en les dirigeant sur la boule d'un thermomètre solaire, l'auteur a remarqué que les températures indiquées par ce thermomètre étaient les mêmes qu'en l'absence de tout écran [1].

[1] Il est évident que dans ces expériences la totalité des résultats

Digitized by Google

M. Harrison a obtenu des résultats négatifs dans une autre série d'expériences, destinées à constater s'il existait de la chaleur dans la lumière réfléchie par le ciel et les nuages suivant une direction autre que celle où se trouvait le soleil. Dans ce but, un thermomètre à boule noircie, qu'on avait laissé depuis quelque temps dans une chambre obscure, a été exposé au ciel dans le voisinage d'une fenêtre située au sud-est, dont les vitres avaient été récemment nettoyées avec soin. Ce thermomètre n'a accusé aucune élévation de température, bien que le soleil, à la hauteur d'environ 40 degrés, éclairât brillamment de ses rayons de la vapeur blanchâtre et de légers cirro-cumulus. D'autres thermomètres solaires, placés en dehors du côté nord de l'habitation, et exposés par un temps calme à la moitié du ciel visible qui se trouvait couvert de légers nuages blanchâtres, n'ont pas accusé une température plus élevée qu'un thermomètre placé dans un corridor obscur situé du même côté de la maison [1]. Ce résultat, de même que le précédent, démontre l'absence de tout pouvoir calorifique dans la lumière réfléchie par le ciel suivant une direction autre que celle où se trouve le soleil au moment de l'observation.

Quant à l'accroissement de l'insolation dans le cas où il se trouve des vapeurs transparentes blanchâtres dans le voisinage du soleil, de nouvelles expériences sont nécessaires pour déterminer s'il doit être attribué à la radiation ou à la réflexion.

obtenus ne peut être due à la radiation ou à la réflexion directe. Il est indispensable de tenir compte de la distance plus ou moins grande de la boule du thermomètre de la surface du sol et de l'air chaud en contact avec cette surface.

[1] Le thermomètre exposé au ciel aurait probablement indiqué une température moins élevée que celui du corridor si le temps avait été parfaitement clair.

Digitized by Google

Prof. TYNDALL. SUR LA POLARISATION DE LA CHALEUR. (*Philosophical Magazine*, avril 1870.)

En 1835 M. le professeur Forbes, d'Edimbourg, a publié dans le *Philosophical Magazine* une série d'expériences destinées à démontrer la polarisation de la chaleur non lumineuse. Il commença par se servir de tourmalines; mais bientôt il leur substitua des piles de plaques de mica, lesquelles, par suite de leur plus grand pouvoir transmissif, lui permirent de constater d'une façon incontestable le fait de la polarisation. Plus tard, Melloni appliqua au même sujet la découverte qu'il venait de faire, savoir que les rayons obscurs, provenant de sources lumineuses, étaient transmis en partie par du verre noirci. Ayant intercepté par une plaque de verre noirci la lumière émise par sa lampe à huile, de manière à pouvoir opérer sur la chaleur transmise, Melloni a pu obtenir des effets plus considérables que ceux auxquels on était arrivé en employant des rayons provenant de sources obscures. M. Tyndall, en se servant d'une substance laissant mieux passer la chaleur obscure que celle employée par Melloni, et au moyen d'une source calorifique plus intense, a réussi à reproduire sur une beaucoup plus grande échelle les effets obtenus par Forbes et Melloni. Voici comment l'auteur décrit son appareil :

« Deux grands prismes de Nicol, pareils à ceux que j'employais dans mes expériences sur la polarisation de la lumière par les matières nébuleuses, ont été placés en face d'une lampe électrique, et ajustés de manière à pouvoir tourner l'un et l'autre autour de leur axe horizontal. On a fait passer à travers les deux prismes le faisceau de rayons émis par lampe, rendus légèrement convergents au moyen d'une lentille. Entre les deux prismes se trouvait une cellule contenant une solution d'iode dans du sulfure de carbone, en quantité suffisante pour intercepter la lumière so-

Digitized by Google

laire la plus intense. Derrière ces mêmes prismes, on avait disposé une pile thermo-électrique, munie de deux réflecteurs coniques. La face postérieure de cette pile recevait la chaleur provenant d'une spirale de platine traversée par un courant électrique réglé par un rhéostat.

« L'appareil était arrangé de telle manière que, lorsque les sections principales des prismes de Nicol se trouvaient placées à angle droit l'une de l'autre, l'aiguille du galvanomètre, en communication avec la pile, indiquait une déviation de 90° en faveur de la source postérieure de chaleur. On a alors tourné l'un des prismes, de manière à rendre parallèles les sections principales. Aussitôt l'aiguille du galvanomètre, après être revenue à zéro, a dévié du côté opposé jusqu'à 90°. En continuant à tourner le prisme, de manière à rendre de nouveau les sections principales perpendiculaires l'une à l'autre, le faisceau calorifique s'est trouvé de nouveau intercepté, et l'aiguille, après être descendue à zéro, est remontée à sa première position du côté opposé. Le flux de chaleur polarisé dans cette expérience est tellement abondant qu'on réussit, en déplaçant promptement le prisme de Nicol, à faire faire plusieurs tours à l'aiguille aimantée. Ces essais ont été faits avec le galvanomètre très-sensible employé dans mes expériences sur la chaleur rayonnante. Mais l'action est assez forte pour agir sur un galvanomètre peu sensible, destiné aux expériences de cours, et pour forcer l'aiguille de six pouces de long, munie d'index de papier, à décrire un arc de près de 180°. »

L'emploi du filtre d'iode et de la lumière électrique permet de démontrer de la manière la plus frappante tous les phénomènes de réflexion, de réfraction, de polarisation plane et circulaire, de double réfraction, ainsi que la formation d'images invisibles, soit par les miroirs, soit par les lentilles. L'auteur cite, en particulier, l'expérience suivante : Les prismes de Nicol se trouvant placés à angle droit l'un de

Digitized by Google

l'autre, l'aiguille du galvanomètre indiquait 78° en faveur de la spirale de platine chauffée, placée derrière la pile. Une plaque de mica ayant été disposée en travers du faisceau obscur, avec sa section principale inclinée de 45° sur celles des prismes de Nicol, aussitôt l'aiguille, après être retombée à zéro, est remontée à 90° du côté opposé.

Quant à la polarisation circulaire, les prismes de Nicol ayant été placés à angle droit l'un de l'autre, l'aiguille du galvanomètre indiquait 86° en faveur de la spirale de platine. Une plaque de cristal de roche, taillée perpendiculairement à l'axe, ayant été disposée en travers du faisceau obscur, aussitôt l'aiguille est retombée à zéro pour remonter jusqu'à 90° du côté opposé.

On peut se faire une idée du pouvoir de pénétration de la chaleur employée, par le fait qu'elle a pu traverser douze pouces environ de spath d'Islande, et une cellule d'un pouce et demi remplie de la solution d'iode.

BOTANIQUE.

Dr L. Rabenhorst. Kryptogamen-Flora von Sachsen, etc. Flore des Cryptogames de la Saxe, la Haute-Lusace, la Thuringe et la Bohême du Nord. IIme Partie : Les Lichens. (Leipzig, 1870, in-8°.)

Ce joli volume fait suite à la première partie, contenant les Algues, etc., qui avait déjà paru en 1863.

Dans une courte introduction, l'auteur explique qu'il se tient strictement au caractère décisif des gonidies ou chromidies pour limiter la classe des Lichens, et qu'il laisse ainsi en dehors les Celidium, Abrothallus, Scutula, Conida, Netrocymbe, Phacopsis, Lahmia, Atichia, Myriangium et d'autres de ces parasites désignés ordinairement comme Lichenes parasitici, dans lesquels ces gonidies ou chromidies ne se

Digitized by Google

rencontrent pas. — Tout en employant une forme quelque peu dubitative, l'auteur dit que les spermaties sont considérés comme des organes mâles, parce qu'ils n'ont pas la faculté de germer, et la différenciation sexuelle est représentée comme probable seulement.

D'après la structure du thalle, les Lichens sont distribués en trois séries, en Lichenes anomali, homœomerici et heteromerici, et en 7 ordres, dont chacun, d'après les fruits gymnocarpiques ou angiocarpiques, forment 2 divisions.

I. Les Lichenes anomali n'ont pas été caractérisés, mais ils se composent de 2 ordres : 1° des *Mycetopsoræ* qui correspondent aux Epiconiacées d'autres auteurs et qui se distinguent nettement de tous les autres Lichens par la prompte résorption des thèques et la pulvérisation naturelle de la couche sporogère, et 2° des *Phycopsoræ*, qui contiennent les Pyrénulacées, les Arthoniacées, les Bactrosporées et les Opegraphées. Ce deuxième ordre est caractérisé par la forme spéciale des filaments gonidiques qui ressemblent aux filaments des Chroolepus.

II. Les Lichenes homœomerici se divisent en 2 ordres : 3° les *Byssopsoræ* et 4° les *Gloiopsoræ*. Les premières sont des Collémacées filiformes, les secondes des Collémacées non filiformes. Les Byssopsorées étaient prises, jusqu'à ces dernières années, pour des Algues.

II. Les Lichenes heteromerici, enfin, qui renferment la grande masse des Lichens, sont divisés suivant que le thalle est crustacé, foliacé ou dendroïde, en 5° *Kryoptoræ*, 6° *Thallopsoræ* et 7° *Podetiopsoræ*, qui correspondent en partie aux Kryoblastæ, Phylloblastæ, Thamnoblastæ et Capitulariæ d'autres auteurs.

L'ensemble des Lichens de ces pays présente ainsi 3 séries, 7 ordres, 27 familles, 83 genres et 451 espèces.

En général, ce système se rapproche beaucoup de celui que le Dr Rabenhorst avait déjà suivi en 1845 dans son *Deutsch-*

Digitized by Google

lands Kryptogamen-Flora. Les Phycopsoræ sont un groupe nouveau, avec ces limites; mais l'avenir aura encore à décider de sa durée sous cette forme, et à constater l'universalité du caractère distinctif assigné. Si les limites des groupes ne sont pas toujours très-précises, l'ensemble par contre, du moins en général, est naturel, et le commençant s'orientera facilement dans ce livre éminemment pratique. Ce qui facilitera surtout l'étude dans une classe de plantes aussi difficile et travaillée aujourd'hui d'une manière aussi approfondie, c'est que chaque genre est représenté par une ou plusieurs figures xylographiques qui montrent le port et les détails microscopiques importants et caratéristiques. Presque partout, l'auteur indique les dimensions des spores, ce qui est très-précieux, surtout dans les genres si nombreux et souvent si riches en espèces des Lichens à thalle crustacé.

Un index pour les noms admis, et un autre pour les synonymes terminent le volume. M.

Digitized by Google

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE MAI 1870.

Le 1er, gelée blanche le matin, minimum + 2,9.
3, neige sur les montagnes jusqu'au pied du Salève.
4, forte gelée blanche le matin.
5, gelée blanche le matin.
6, rosée le matin.
7, faible halo solaire dans l'après-midi.
8, rosée le matin, faible halo solaire dans l'après-midi.
9, couronne lunaire dans la soirée.
11, forte rosée le matin.
13, rosée le matin.
14, de 5 h. à 5 h. 20 m. du matin le parhélie à gauche du soleil sur le halo ordinaire est visible avec un arc coloré vertical de 5° de longueur. De 7 3/4 à 9 1/2 h. halo solaire très-brillant ; de 9 1/2 à 10 h. on ne voit plus que l'arc tangent supérieur. Couronne lunaire dans la soirée.
15, rosée le matin.
16, la dernière trace de la neige de l'hiver a disparu du sommet du grand Salève ; depuis le 9 on ne voyait plus qu'une seule tache de neige.
18, faible halo solaire à plusieurs reprises dans la journée ; éclairs le soir au SO.
19, éclairs et tonnerres de 11 3/4 à 1 1/2 h. après midi ; les nuages orageux suivent le Jura du nord au sud.
20, rosée le matin, le soir éclairs au SO.
22, éclairs et tonnerres de 2 1/4 à 6 1/4 h. ; direction des nuages orageux de l'ESE. au SO., puis ils reviennent à l'E. ; de 7 1/2 à 7 3/4 h. quelques coups de tonnerre au SSE.
23, tonnerres du côté du nord de 2 1/4 à 3 1/4 de l'après-midi.
24, quelques coups de tonnerre du côté du nord de midi à midi et 3/4.
28, halo solaire de midi à midi et 1/2.
29, de 5 à 5 1/2 h. du matin, on voit le parhélie à la droite du soleil sur le halo ordinaire, avec un arc coloré vertical, d'environ 5° de longueur ; de 7 à 9 h. du soir éclairs au SSO.

Depuis le 13 jusqu'au 28 de ce mois, hâle plus ou moins prononcé ; il a été très-intense du 24 au 27 incl., au point que le Jura et les Voirons étaient à peine visibles.

Digitized by Google

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 5 à 6 h. matin	731,93	Le 2 à 10 1/2 h. matin	721,01
8 à 8 h. matin	729,51	7 à 6 h. soir	726,52
14 à 10 h. soir	731,13	11 à 6 h. soir	720,81
18 à 7 h. matin	734,89	16 à 5 h. soir	725,27
25 à 8 h. matin	730,54	23 à 4 h. soir	726,74
28 à 8 h. matin	730,32	26 à 4 h. soir	727,72
		30 à 6 h. soir	725,25

Digitized by Google

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm.
1	723,24	— 1,49	+11,83	+0,88	+ 2,9	+19,1	5,16	—1,71	512	—200	310	660	...	...	SSO. 1	0,54	--	—	92
2	722,33	— 2,43	+ 7,58	—3,52	+ 6,0	+12,3	5,75	—1,19	761	+ 49	560	820	12,2	9	SSO. 1	0,86	9,9	— 0,1	93
3	727,04	+ 2,25	+ 7,10	—4,14	+ 4,6	+12,1	4,78	—2,23	661	— 52	460	860	2,5	3	variable	0,70	9,7	— 0,4	93
4	729,87	+ 5,05	+ 6,71	—4,67	0,0	+11,8	4,29	—2,79	598	—115	410	890	...	..	NNE. 1	0,27	9,9	— 0,3	94
5	730,75	+ 5,90	+ 8,00	—3,52	0,0	+14,1	4,34	—2,81	568	—145	330	850	...	...	N. 2	0,00	10,0	— 0,3	94
6	728,90	+ 4,01	+ 8,25	—3,41	+ 2,0	+14,0	4,77	—2,45	604	—109	400	830	...	...	NNE. 2	0,43	10,8	+ 0,3	95
7	727,71	+ 2,78	+ 9,11	—2,69	+ 3,5	+14,0	6,02	—1,27	691	— 22	520	740	...	...	N. 1	0,42	10,7	+ 0,1	95
8	728,85	+ 3,88	+11,66	—0,29	+ 4,8	+17,8	6,37	—0,99	632	— 81	440	870	...	...	N. 1	0,47	—	—	95
9	727,16	+ 2,15	+14,27	+2,18	+ 9,5	+22,4	6,66	—0,78	589	—124	280	830	...	...	N. 1	0,50	11,2	+ 0,4	95
10	723,71	— 1,34	+10,47	—1,76	+ 9,4	+13,9	8,17	+0,65	870	+157	720	910	2,2	5	SO. 1	1,00	11,7	+ 0,8	96
11	722,32	— 2,83	+13,01	+0,64	+ 7,0	+18,9	6,84	—0,76	645	— 69	380	960	...	..	N. 1	0,17	12,0	+ 1,0	97
12	724,13	— 1,07	+13,35	+0,84	+ 8,8	+16,9	8,39	+0,71	741	+ 27	570	880	0,2	3	S. 1	0,97	11,9	+ 0,8	97
13	728,53	+ 3,28	+15,83	+3,17	+ 8,9	+21,6	7,86	+0,10	614	—100	330	940	...	...	SO. 2	0,58	11,6	+ 0,4	97
14	730,46	+ 5,16	+18,99	+6,19	+12,5	+25,1	8,88	+1,04	567	—147	380	730	0,3	1	SSO. 2	0,52	11,3	0,0	98
15	728,82	+ 3,47	+16,52	+3,58	+ 9,8	+24,6	9,42	+1,51	683	— 31	430	840	...	...	variable	0,48	—	—	99
16	726,59	+ 1,19	+19,50	+6,42	+11,7	+27,0	9,83	+1,85	602	—112	330	830	...	...	SSO. 1	0,59	13,2	+ 1,7	100
17	732,51	+ 7,06	+16,78	+3,56	+14,8	+21,0	9,97	+1,92	721	+ 7	480	810	...	...	N. 1	0,37	11,6	0,0	101
18	733,90	+ 8,40	+18,57	+5,20	+11,7	+25,9	10,76	+2,64	685	— 28	380	860	...	...	N. 1	0,31	11,9	+ 0,2	103
19	733,88	+ 8,33	+20,35	+6,84	+14,3	+28,7	10,14	+1,95	598	—115	320	830	...	...	N. 1	0,39	14,5	+ 2,6	107
20	733,14	+ 7,55	+21,08	+7,43	+12,4	+28,4	9,69	+1,43	544	—169	280	810	...	...	N. 1	0,07	15,9	+ 3,9	112
21	731,28	+ 5,65	+22,70	+8,91	+14,7	+30,1	10,59	+2,26	541	—172	310	710	...	...	N. 1	0,23	17,8	+ 5,7	115
22	728,52	+ 2,85	+20,73	+6,81	+14,2	+28,3	10,72	+2,32	596	—117	400	750	0,4	2	N. 1	0,48	—	—	119
23	728,08	+ 2,37	+20,20	+6,15	+14,5	+28,2	10,58	+2,11	630	— 83	330	790	0,7	2	N. 1	0,53	16,6	+ 4,3	123
24	729,22	+ 3,47	+19,60	+5,42	+15,5	+24,5	11,96	+3,42	717	+ 4	540	830	...	...	N. 1	0,44	17,8	+ 5,4	125
25	729,64	+ 3,85	+19,30	+4,99	+14,6	+24,3	10,70	+2,09	660	— 53	470	810	...	...	N. 1	0,37	17,7	+ 5,2	128
26	729,16	+ 3,33	+16,32	+1,87	+11,7	+21,8	7,09	—1,59	533	—179	310	630	...	...	N. 2	0,01	—	—	131
27	729,09	+ 3,22	+14,49	—0,09	+ 9,6	+20,1	6,39	—2,36	538	—174	360	620	...	...	N. 1	0,00	17,3	+ 4,6	134
28	729,48	+ 3,57	+18,65	+3,93	+ 7,7	+27,4	8,22	—0,60	530	—182	300	750	...	...	SSO. 1	0,28	17,0	+ 4,2	136
29	729,10	+ 3,15	+18,83	+3,98	+12,0	+26,0	8,08	—0,80	533	—179	240	700	0,1	1	variable	0,60	—	—	139
30	727,31	+ 1,32	+19,30	+4,32	+12,1	+26,1	9,57	+0,62	595	—117	350	800	...	...	N. 1	0,21	17,5	+ 4,5	141
31	726,29	+ 0,26	+16,16	+1,05	+12,6	+22,6	10,86	+1,84	802	+ 90	520	910	2,5	4	variable	0,93	17,7	+ 4,6	143

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1870

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	727,31	727,40	727,21	726,88	726,55	726 26	726,32	726,82	727,08
2e »	729,64	729,88	729 86	729,60	729,02	728,63	728,60	729,17	729,71
3e »	729,55	729,63	729,37	728,87	728,26	727,68	727,70	728 26	728.90
Mois	728,85	728,99	728,83	728,46	727,95	727,53	727,55	728,09	728,57
Température.									
	°		°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+ 5,79	+ 8,89	+11,52	+12,71	+13,47	+13,22	+12,38	+10,29	+ 8,94
2e »	+12,73	+16.25	+19,29	+20,78	+22,41	+22,87	+20,89	+18,26	+16,01
3e »	+14,79	+17,96	+20,22	+22,35	+23,62	+23,66	+22,00	+19,48	+17,48
Mois	+11,22	+14,48	+17,11	+18,74	+19,96	+20,04	+18,54	+16,12	+14,25
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1er décade	5,66	5,82	5,49	5,62	5,35	5,40	5,53	6,03	6,06
2e »	9,16	9,85	9,24	8,86	8,62	8,77	9,25	9,61	9,52
3e »	9,40	9,49	9,47	9,43	9,86	9,75	9,13	9,91	9,55
Mois	8,12	8,42	8,11	8,02	8,00	8,03	8,00	8,56	8,41
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	809	679	542	521	477	479	512	635	704
2e »	835	717	560	489	426	427	510	614	704
3e »	735	614	534	474	463	460	471	593	641
Mois	791	668	545	494	455	455	497	613	682

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	cm
1re décade	+ 4,27	+15,15	0,51	10,49	16,9	94,2
2e »	+11,19	+23,81	0,44	12,66	0,5	101,1
3e »	+12,65	+25,40	0,37	17,42	3,7	130,4
Mois	+ 9,48	+21,58	0,44	13,49	21,1	109,3

Dans ce mois, l'air a été calme 5,4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,76 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 14°,6 O., et son intensité est égale à 31,9 sur 100.

Digitized by Google

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MAI 1870.

Le 1, brouillard depuis 6 h. du soir.
2, id. jusqu'à 8 h. du soir.
3, id. depuis 8 h. du matin.
4, id. à peu près toute la journée.
6, id. depuis 2 h. du soir.
9, id. depuis 6 h. du soir.
10, id. de 2 h. à 6 h. du soir.
11, id. jusqu'à 8 h. du matin.
12, id. depuis 6 h. du soir.
13, id. de 2 h. à 4 h. du soir.
23, à 4 ½ h. deux coups de tonnerre du côté du nord.
25, brouillard depuis 8 h. du soir.
26, id. depuis 8 h. du soir.
29, id. tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1 à 10 h. matin	561,95	Le 2 à 2 h. après midi	557,59
5 à 10 h. soir	565,67	6 à 6 h. soir	562,81
8 à 10 h. soir	567,08	10 à 4 h. soir	560,90
14 à 10 h. soir	571,10	16 à 10 h. matin	568,51
18 à 10 h. soir	576,05	27 à 8 h. matin	567,21
28 à 10 h. soir	570,18	31 à 8 h. soir	565,96

Digitized by Google

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim			
1	561,21	— 1,51	560,71	561,95	— 1,82	— 0,39	— 3,8	+ 1,4	.....	.....	....	SO. 1	0,36
2	558,25	— 4,57	557,59	558,93	— 4,49	— 3,21	— 8,6	— 1,0	40	7,3	5	variable	0,83
3	560,61	— 2,31	558,84	562,03	— 6,67	— 5,53	— 9,2	— 0,8	12	2,4	3	NE. 1	0,84
4	562,90	— 0,12	561,65	564,11	— 7,67	— 6.67	—10.2	— 3,0	.....	.....	....	NE. 1	0,90
5	564,90	+ 1,79	564,14	565.67	— 4,56	— 3,70	— 9.6	— 0,2	.....	.....	....	NE. 1	0.00
6	563,35	+ 0,15	562,81	563.88	— 4,42	— 3,70	— 6,6	— 0,8	20	2,0	4	NE. 1	0,72
7	564,02	+ 0,72	563,46	564,70	— 1,33	— 0,75	— 6,4	+ 4,0	20	2,5	. 4	SO. 1	0,33
8	566,23	+ 2,83	565,16	567,08	+ 1,39	+ 1,83	— 4,6	+ 6,5	.....	.....	....	NE. 1	0,51
9	565,69	+ 2,19	565,21	566,17	+ 0,68	+ 0,98	— 3,1	+ 7,6	.....	.. ..	....	variable	0,69
10	561,55	— 2,05	560,90	562,67	— 2,21	— 2,05	— 2,8	— 0,2	.....	12,0	10	SO. 1	0,89
11	561,61	— 2,08	560,99	562.22	+ 2,47	+ 2,49	— 3,1	+ 7,4	.....	. ...	....	NE. 1	0,48
12	563,52	— 0,27	562,38	564,90	+ 0,84	+ 0,72	— 1,8	+ 6,1	.....	.....	....	NE. 1	0,79
13	567,88	+ 3,99	565,93	569.48	+ 2,81	+ 2,55	— 0,8	+ 6,7	.....	.....	....	SO. 1	0,43
14	570,67	+ 6,68	570,22	571.10	+ 4,44	+ 4,04	+ 1,3	+ 9,3	.....	.....	....	variable	0,49
15	569.62	+ 5,53	568,99	570.08	+ 4,85	+ 4,32	+ 2,7	+ 8,3	.....	.....	....	SO. 1	0,51
16	568,82	+ 4,64	568,51	569,30	+ 3,79	+ 3,13	+ 2,1	+ 6,2	.....	.....	....	SO. 1	0,78
17	572,38	+ 8,10	570,49	573,90	+ 6,70	+ 5,90	+ 5,0	+10,4	.....	.....	....	NE. 1	0,26
18	574,87	+10,49	574,14	576.05	+ 7,82	+ 6.89	+ 4,0	+14.3	.....	.....	....	SO. 1	0,57
19	575.15	+10,67	574,61	575,83	+ 8,62	+ 7,56	+ 4,9	+12,8	.....	.....	....	NE. 1	0,16
20	574,91	+10,34	574,62	575.36	+ 8,91	+ 7,72	+ 5,8	+13,2	.....	.....	....	NE. 1	0,04
21	573,70	+ 9,04	573,30	574,31	+ 9,75	+ 8,43	+ 6,3	+14,2	.....	.....	....	NE. 1	0,38
22	571.48	+ 6,72	570,82	572,17	+10,28	+ 8,83	+ 6,4	+16,2	.. .	.....	....	NE. 1	0,30
23	570,23	+ 5,37	569,89	570.58	+ 6,25	+ 4,67	+ 4,1	+10.8	.....	.....	....	NE. 2	0,57
24	570.10	+ 5,15	569,58	570,63	+ 6,64	+ 4.93	+ 4,2	+10.3	.....	.....	....	NE. 1	0,52
25	570.03	+ 5,99	569,76	570,44	+ 6,41	+ 4,58	+ 4,9	+10,8	. ...	.....	....	NE. 2	0,57
26	568.46	+ 3,33	568,14	568,81	+ 4,78	+ 2,83	+ 3,7	+ 8,2	.....	.....	....	NE. 1	0,27
27	568.05	+ 2,82	567,21	569,09	+ 6,04	+ 3,97	+ 3,2	+ 9,8	.....	.....	....	SO. 1	0,08
28	569,90	+ 4,58	569,15	570,18	+ 4,11	+ 1,92	+ 3,5	+ 8,0	.....	.....	....	NE. 1	0,28
29	569,12	+ 3,71	568,57	569,54	+ 6,67	+ 4,36	+ 3,4	+ 9,8	.....	.....	....	NE. 1	0,83
30	567,89	+ 2,39	567,82	567,99	+ 6,29	+ 3,86	+ 2,3	+10,3	.....	2,8	4	NE. 1	0,22
31	566,35	+ 0,76	565,96	567,14	+ 4,72	+ 2,17	+ 2,6	+ 9,0	.....	5,0	5	SO. 1	0,92

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	562,56	562,70	562,87	562,91	562,82	562,84	562,94	563,07	563,30
2e »	569,29	569,55	569,79	569,96	569,95	570,00	570,12	570,39	570,62
3e »	569,65	569,66	569,76	569,71	569,55	569,43	569,42	569,55	569,62
Mois	567,25	567,38	567,55	567,60	567,51	567,49	567,56	567,73	567,90
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	— 5,67	— 2,96	— 0,56	+ 0,07	+ 0,47	— 0,46	— 2,39	— 3,97	— 4,72
2e »	+ 2,13	+ 4,66	+ 7,29	+ 8,36	+ 8,58	+ 8,34	+ 6,25	+ 4,57	+ 3,76
3e »	+ 4,52	+ 7,05	+ 8,53	+ 9,62	+10,21	+ 8,77	+ 7,19	+ 5,80	+ 4,98
Mois	+ 0,46	+ 3,05	+ 5,20	+ 6,13	+ 6,54	+ 5,65	+ 3,80	+ 2,25	+ 1,46

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade	— 6,49	+ 1,35	0,61	26,2	92
2e »	+ 2,01	+ 9,47	0,45	0,0	0
3e »	+ 4,05	+10,67	0,45	7,8	0
Mois	— 0,01	+ 7,28	0,50	34,0	92

Dans ce mois, l'air a été calme 21 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,38 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 33,7 sur 100.

* Voir la note du tableau.

Digitized by Google

Digitized by Google

RECHERCHES
SUR LA
POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE
DES LIQUIDES

PAR

M. LE PROFESSEUR A. DE LA RIVE

(Communiquées à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, le 2 juin 1870.)

Les recherches que je communique aujourd'hui à la Société font suite à celles que je lui ai communiquées il y a deux ans, et que j'ai publiées à cette époque [1]. J'avais, dans mon premier travail, étudié en lui-même le phénomène de la polarisation rotatoire magnétique et recherché les causes qui exercent une influence sur sa production et sur son intensité. J'avais montré que les actions qui modifient d'une manière permanente la constitution moléculaire d'un corps solide, telles, par exemple, que la transmission d'une forte décharge électrique, modifient également son pouvoir rotatoire magnétique, tandis que chez les liquides ce pouvoir n'éprouve aucune modification, soit qu'on agisse sur eux mécaniquement, soit qu'on les soumette à l'action d'une décharge ou d'un courant électriques. J'avais fait remarquer l'influence que semble exercer sur l'intensité du pouvoir rotatoire magnétique la densité de la substance soumise à l'action de l'aimant, sans toutefois

[1] *Archives des Sciences physiques et natur.*, tome XXXII, p. 193, et *Annales de chimie et de phys.* (4me série), tome XV, p. 57.

Digitized by Google

que cet élément soit exclusivement prépondérant; j'avais cité comme exemple le pouvoir rotatoire magnétique considérable, le plus grand connu, que possède l'alcool thallique dont la densité est énorme (3,55).

Les nouvelles recherches que je viens de terminer n'ont porté que sur les liquides, les solides présentant l'inconvénient d'avoir une constitution moléculaire trop variable de l'un à l'autre pour pouvoir conduire à des résultats généraux, et les fluides élastiques ne possédant pas assez de densité pour que les phénomènes de polarisation rotatoire magnétique puissent y être sensibles.

Mon travail se compose de cinq parties :

Dans la première, je décris l'appareil et les procédés d'expérimentation dont j'ai fait usage.

Dans la seconde, je donne les résultats que m'a fournis l'expérience en opérant sur un certain nombre de liquides très-différents les uns des autres.

Dans la troisième, j'étudie l'influence de la variation de la température sur la polarisation rotatoire magnétique des liquides.

Dans la quatrième, je cherche à déterminer le rapport qui existe entre le pouvoir rotatoire magnétique d'un mélange de deux liquides et ceux des ingrédients qui entrent dans ce mélange.

Dans la cinquième, j'expose le résultat des expériences que j'ai faites sur le pouvoir rotatoire magnétique de quelques liquides isomères.

§ 1. Description de l'appareil et des procédés d'expérimentation.

L'électro-aimant que j'ai employé se compose de deux

Digitized by Google

cylindres de fer doux de 12 centimètres de diamètre, et de 36 de longueur, percés chacun dans son axe d'un trou cylindrique de 3 centimètres de diamètre, et entourés tous les deux d'une bobine faite d'un fil de cuivre isolé dont la longueur est de 1665 $^1/_2$ mètres, le diamètre de $2^{mm},7$, et le poids total de 92 $^1/_2$ kilogr. Le fil de cuivre de l'une des bobines a $835^m,80^{cent}$ de longueur et fait 1555 tours formant 16 couches superposées; l'autre a $829^m,70$ cent. de longueur, et fait 1537 tours, formant aussi 16 couches superposées. Les deux cylindres de fer doux, entourés de leurs bobines, sont disposés sur un châssis en fonte, en face l'un de l'autre, de manière que leurs deux axes se trouvent situés sur une même ligne horizontale. Une vis mue par une manivelle, permet de rapprocher jusqu'au contact les deux surfaces polaires intérieures, ou de les éloigner l'une de l'autre jusqu'à une distance maximum de 30 centimètres. Une barre prismatique de fer doux, terminée par deux barres plus courtes qui lui sont perpendiculaires, ayant 10 centimètres de largeur et 3 d'épaisseur, sert d'armure en unissant les extrémités, soit surfaces polaires extérieures des deux cylindres; elle peut glisser de manière à ne pas empêcher le rapprochement et l'éloignement des surfaces polaires intérieures[3]. De fortes vis de pression maintiennent en place, quand ils sont à la distance voulue, les deux cylindres qui risqueraient, sans cette précaution, de se rapprocher brusquement au moment de l'aimantation, et de briser les objets placés entre les surfaces polaires.

Pour les expériences sur la polarisation rotatoire, on adapte à l'ouverture du canal cylindrique dont est percé

[3] L'addition de cette armure augmente la puissance de l'électro-aimant dans le rapport de 3 à 2.

Digitized by Google

le cylindre le plus rapproché de la source de lumière, et du côté de la lumière, un prisme de Nicholl servant de polarisateur; un second prisme semblable servant d'analyseur, est placé à l'extrémité du canal cylindrique de l'autre cylindre de fer doux. Cette extrémité est également munie d'une lunette à laquelle on applique l'œil qui reçoit le rayon polarisé, et d'un cercle divisé qui se meut avec le prisme analyseur, et qui permet d'apprécier, jusqu'à une minute, la valeur de l'angle dont on tourne ce prisme. On entrepose entre les deux pôles la substance transparente sur laquelle on veut opérer, de manière qu'elle soit sur la route du rayon polarisé qui, par conséquent, la traverse. Puis on détermine l'azimuth de l'angle qui donne la teinte de passage quand on a aimanté l'électro-aimant en faisant passer un courant électrique à travers les fils qui l'entourent. Ensuite, au moyen d'un commutateur, on change le sens du courant et on obtient une seconde teinte de passage éloignée de la première d'un certain angle dont on détermine également l'azimuth. L'angle dont il a fallu tourner le prisme analyseur pour passer de l'une des teintes de passage à l'autre, représente le double de la rotation du plan de polarisation. C'est cet angle que j'ai toujours mesuré et que j'appelle, pour être plus bref, l'angle de rotation. Avec un peu d'habitude l'opération se fait très-vite et d'une manière très-exacte; on reçoit dans l'un des yeux le rayon polarisé, et l'on regarde avec l'autre, au moyen d'une loupe, la graduation du cercle mobile. Je n'insiste pas sur d'autres détails faciles à comprendre; je me borne seulement à ajouter que la source lumineuse dont j'ai fait usage était celle fournie par un bec de gaz d'éclairage disposé de façon à donner une lumière blanche très-vive.

Digitized by Google

Les liquides sur lesquels j'opère, sont renfermés dans des tubes hermétiquement clos à leurs deux extrémités par des obturateurs en verre, ce qui exige qu'on tienne compte de l'influence sur la rotation de ces obturateurs, influence qui n'est point nulle, ainsi que je m'en suis assuré en opérant avec des tubes vides, mais qui est variable avec la nature et l'épaisseur du verre. Pour me dispenser de cette correction, j'ai disposé les tubes entre les surfaces polaires de l'électro-aimant, de manière qu'ils pénètrent par leurs deux extrémités jusqu'à un centimètre environ, dans l'intérieur du canal cylindrique dont est percé chacun des cylindres de fer doux, et dont le diamètre est plus grand que celui des tubes. La théorie indique et l'expérience confirme pleinement l'indication de la théorie, à savoir que la portion des tubes, et par conséquent les obturateurs, qui est placée dans l'intérieur du fer de l'électro-aimant, n'éprouve aucune influence quelconque du magnétisme développé par le courant électrique, et que cette influence ne s'exerce que sur la portion du tube que je peux appeler interpolaire, par conséquent seulement sur la colonne liquide dont la longueur est égale à la distance des deux surfaces polaires [1].

Une seconde correction qu'il m'aurait fallu faire est celle relative aux variations d'intensité du courant qui aimante l'électro-aimant ; j'aurais été obligé de mesurer

[1] J'ai fait un très-grand nombre d'expériences pour confirmer l'exactitude de ce principe ; ainsi j'ai placé dans l'intérieur de l'un des cylindres de l'électro-aimant des tubes de 10 à 15 centimètres de longueur remplis de sulfure de carbone, et jamais ils n'ont produit aucun effet sur le rayon polarisé qui le traversait, lors même que l'aimantation était très-forte ; mais lorsqu'une des extrémités du tube ressortait de quelques millimètres seulement, il y avait un effet produit.

Digitized by Google

cette intensité à chaque expérience, ce qui aurait été assez compliqué et toujours passablement long. Pour m'en dispenser, j'ai disposé à la suite l'un de l'autre, au moyen d'un ajustage, deux tubes parfaitement semblables, dont l'un était rempli du liquide sur lequel on voulait opérer, et l'autre d'eau distillée, chaque tube étant muni de ses deux obturateurs. L'un des tubes était placé dans l'espace interpolaire de façon à éviter l'influence des obturateurs; l'autre, qui était comme le prolongement du premier, était placé tout entier dans l'intérieur du canal cylindrique de l'une des branches de l'électro-aimant; le premier éprouvait seul l'action du magnétisme, le second n'en éprouvait pas la moindre influence; aussi la rotation du rayon polarisé qui les traversait successivement tous les deux, n'avait lieu que dans le tube interpolaire. On pouvait, avec la plus grande facilité, mettre dans l'espace interpolaire tantôt l'un, tantôt l'autre des tubes et obtenir ainsi, au moyen d'observations alternantes qui ne duraient chacune que quelques instants, les angles moyens de rotation de l'eau et du liquide, qui se trouvaient être indépendants de toute variation dans l'intensité du courant, variation qui était du reste à peu près nulle pendant la durée d'une même expérience. D'une expérience à l'autre, cette intensité pouvait varier sans qu'il en résultât le moindre inconvénient, puisque, le coefficient cherché étant le rapport entre la rotation du liquide et celle de l'eau distillée, ce qu'il importait, c'est que ces deux rotations fussent déterminées dans chaque cas sous l'influence de la même intensité. Du reste, la variation d'intensité du courant électrique était si faible pendant les premières heures des expériences que j'aurais

Digitized by Google

presque pu me passer de ces précautions, ce que je n'ai pourtant jamais fait[1].

Il m'est seulement arrivé, quand le liquide sur lequel j'opérais n'était pas très-transparent, de ne pas unir le tube qui le contenait à celui qui renfermait l'eau distillée, afin que le rayon polarisé ne fût pas appelé à les traverser tous les deux successivement; mais je me bornais à placer alternativement l'un et l'autre tube dans l'espace interpolaire, ce qui pouvait se faire rapidement et ce qui revenait au même; mais c'était moins commode.

La plupart de mes expériences ont été faites en donnant à la colonne liquide interposée entre les surfaces polaires, une longueur de 10 centimètres. Mais comme je n'avais pas toujours une quantité suffisante de liquide pour en remplir un tube de la dimension nécessaire pour obtenir cette longueur, j'ai dû quelquefois me contenter d'une longueur moindre, en ayant soin, pour que la comparaison fût bien exacte, de donner, dans chaque cas, à la colonne d'eau la même longueur[2]. Je partais du principe que le rapport entre les angles de rotation n'est pas influencé par la longueur absolue des colonnes liquides,

[1] La pile que j'ai employée était une pile Bunsen de grande dimension composée de 40 à 50 couples chargés avec acide azotique et acide sulfurique étendu (9 parties d'eau sur 1 d'acide); je n'ai pas trouvé grand avantage à employer une pile plus forte (de 60 couples, par exemple), parce que le fil de l'électro-aimant se réchauffait assez fortement. Ce qui contribuait à rendre constante l'intensité du courant produit par cette pile, c'est le peu de durée de chaque expérience, et par conséquent la discontinuité qui avait lieu dans le passage du courant.

[2] Je dois rappeler que le diamètre de la colonne n'exerce aucune influence sur la grandeur absolue de la rotation, c'est la longueur seule qui influe. J'ai constaté directement ce résultat par l'expérience dans le mémoire que j'ai rappelé plus haut.

Digitized by Google

pourvu que cette longueur soit la même pour les deux liquides qu'on compare. Ce principe résulte, du reste, de celui qu'avait établi M. Verdet, dans ses belles recherches sur la polarisation rotatoire, en montrant que la rotation est proportionnelle à l'épaisseur de la substance soumise à l'action magnétique, pourvu que l'intensité de cette action reste la même, lors même que l'épaisseur varie. Cependant j'ai voulu m'assurer directement qu'il en est bien ainsi et je rapporterai ici brièvement les expériences que j'ai faites dans ce but; ce qui, en donnant une idée des grandeurs absolues des rotations que j'ai obtenues [1], indiquera en même temps d'une manière assez exacte la puissance magnétique de l'appareil avec lequel j'ai opéré.

J'ai rempli successivement un tube long de 30 centimètres et de 2 centimètres de diamètre, d'*eau distillée*, d'*alcool rectifié* (densité 0,804), de *sulfure de carbone* et d'*iodure d'éthyle*, substances que j'ai choisies parmi celles dont les pouvoirs rotatoires magnétiques diffèrent le plus.

J'ai placé le tube entre les deux pôles magnétiques de manière à donner successivement à la colonne liquide interpolaire les longueurs de 25, de 20, de 15, de 10 et de 5 centimètres en rapprochant d'autant les surfaces polaires, rapprochement qui augmentait l'intensité de l'action magnétique, sans toutefois que cette augmentation compensât tout à fait pour la grandeur de la rotation, la diminution qu'y apportait le raccourcissement de la colonne.

Comme les expériences ont été faites sur chaque liquide à des moments différents, et par conséquent avec

[1] La pile dont je me servais n'était composée que de 40 couples; avec une pile plus forte j'ai obtenu, comme on le verra, dans d'autres expériences des rotations plus considérables.

Digitized by Google

une intensité différente du courant qui produisait l'aimantation, on ne peut comparer entre eux que les résultats obtenus sur chacun des liquides en particulier, ce qui suffit pour le but que je me suis proposé. Quant à la comparaison des liquides entre eux qui doit donner leur pouvoir rotatoire magnétique spécifique, elle fera l'objet du paragraphe suivant.

Je me borne, pour ne pas allonger, à donner pour chacun des quatre liquides soumis successivement à l'expérience les angles de rotation observés pour les longueurs 25 et 5^{cent}, la force magnétique restant constante pendant la durée de l'expérience sur un même liquide.

Angles de rotation.

Longueur de la colonne liquide.	Eau.	Alcool.	Sulfure de carbone.	Iodure d'éthyle.
25 centim.	11°20′	9°30′	33°	26°10′
5 »	9°15′	7°45′	27°	19°40′

Il résulte de ce tableau que le rapport entre les rotations pour des longueurs variant de 25 à 5 centimètres est pour chacun des quatre liquides 1,22, c'est-à-dire le même, lors même que les grandeurs absolues de ces rotations sont très-différentes. Ainsi pour avoir le pouvoir magnétique d'un liquide rapporté à celui de l'eau pris pour unité, il suffit de donner dans chaque expérience à la colonne d'eau la même longueur qu'à la colonne du liquide sur lequel on opère, quelle que soit du reste la longueur absolue de ces deux colonnes.

Remarquons encore qu'il résulte des nombres contenus dans le tableau qui précède qu'on ne gagne pas beaucoup en augmentant la longueur du trajet du rayon polarisé à travers le liquide, vu que la force magnétique, comme nous l'avons remarqué, diminue à mesure qu'on éloi-

Digitized by Google

gne les surfaces polaires pour allonger la colonne liquide. Il est vrai que l'augmentation et la diminution ne suivent pas la même loi, puisqu'on obtient une rotation moindre pour de petites colonnes liquides que pour des plus grandes ; mais la différence n'est pas très-considérable.

On peut calculer quel est l'accroissement qu'éprouve la force magnétique à mesure que la distance entre les pôles diminue. En effet, sachant que pour une force magnétique constante, la rotation est proportionnelle à la longueur de la colonne liquide, que par conséquent elle serait, pour chacun des liquides à 5 centimètres de longueur, un cinquième de ce qu'elle est à 25, on trouve qu'on aurait pour l'*eau* 2° 16′ au lieu de 9° 15′, pour l'*alcool* 1° 54′ au lieu de 7° 45′, pour le *sulfure de carbone* 6° 6′ au lieu de 27°, pour l'*iodure d'éthyle* 4° 50′ au lieu de 19° 40′. D'un autre côté, sachant que la rotation est proportionnelle à la force magnétique, on peut facilement déterminer de combien cette force a augmenté, par le fait que la distance des pôles n'est plus que de 5 centimètres au lieu d'être restée de 25 centimètres. Il n'y a qu'à prendre pour cela le rapport entre les rotations telles qu'elles seraient si les pôles n'avaient pas été rapprochés et ce qu'elles sont réellement, la distance interpolaire n'étant plus que de 5 centimètres. Or, pour chacun des quatre liquides, ce rapport est de 4,1 à peu près, plutôt un peu moindre, environ 4,08 ; ce qui prouve que pour une distance des surfaces polaires devenue 5 fois moindre, la force magnétique est devenue seulement 4 fois plus considérable, du moins avec l'appareil dont je me suis servi. Il est probable qu'avec des électro-aimants dont les surfaces polaires seraient moins grandes, l'éloignement de ces surfaces produirait une diminution plus

Digitized by Google

grande de la force magnétique. C'est au reste ce qu'a vérifié M. Verdet dans son premier mémoire sur la polarisation rotatoire magnétique[1], dans lequel il a établi les deux lois importantes que nous avons rappelées, savoir : *que la rotation du plan de polarisation est proportionnelle à l'intensité de l'action magnétique et qu'elle est également proportionnelle à l'épaisseur de la substance traversée par le rayon polarisé, l'intensité de l'action magnétique restant constante.*

Il me semble qu'on pourrait appliquer utilement le phénomène de la polarisation rotatoire magnétique à la détermination de l'intensité de la force qui existe entre deux pôles magnétiques, dans ce que Faraday appelle le *champ magnétique*. Il n'y aurait qu'à placer entre les surfaces polaires un liquide dont le coefficient de polarisation rotatoire magnétique serait bien connu, en ayant soin de le renfermer dans un tube hermétiquement clos à ses deux extrémités par deux disques en verre ; puis on déterminerait l'angle de rotation avec ce liquide dans chaque cas où l'on aurait besoin de connaître l'intensité du champ magnétique[2]. Le rapport entre

[1] *Annales de chimie et de phys.*, tome XLI, p. 408 et suivantes.

[2] Il faudrait avoir soin de se servir toujours du même tube rempli du même liquide qui servirait d'étalon, et de déterminer préalablement la rotation qu'il produirait sur le rayon polarisé sous l'influence d'une force magnétique qui servirait d'unité. On devrait choisir pour étalon un liquide susceptible d'être toujours reproduit identique ; l'eau distillée serait sans doute la meilleure ; mais pour de faibles intensités, le sulfure de carbone, qu'on peut également se procurer parfaitement pur, serait préférable à cause de sa sensibilité trois fois plus grande. Je crois qu'on ferait bien de prendre pour unité la force du champ magnétique correspondante à une rotation de 5 degrés produite par une colonne liquide longue de 5 centimètres avec une distance interpolaire de 5 centimètres également ; il serait facile ensuite de ramener cette unité à une autre unité magnétique.

Digitized by Google

ces divers angles qu'on obtiendrait donnerait le rapport entre les intensités correspondantes des champs magnétiques. Ce procédé pourrait s'appliquer à toute espèce de forme d'électro-aimant; il faudrait seulement adapter à l'électro-aimant un appareil destiné à produire la polarisation rotatoire magnétique, appareil qui ne gênerait nullement toutes les autres expériences qu'on voudrait faire avec cet électro-aimant, en particulier celles relatives au diamagnétisme.

§ 2. DÉTERMINATION DU POUVOIR MAGNÉTO-ROTATOIRE SPÉCIFIQUE DE QUELQUES LIQUIDES.

Je désigne sous le nom de *pouvoir magnéto-rotatoire spécifique*, le rapport qui existe entre le pouvoir rotatoire magnétique d'un corps et celui de l'eau distillée qui sert d'unité. Après divers essais, je me suis arrêté, comme je l'ai dit, à donner dans toutes les expériences qui suivent, sauf de rares exceptions que j'indiquerai, une longueur de 10^{cent} à la colonne liquide placée entre les pôles, longueur qui, par conséquent, représente la distance des deux surfaces polaires. On se rappelle que, pour éviter l'influence des obturateurs, on fait pénétrer le tube qui contient le liquide soumis à l'expérience, d'un centimètre environ, par chacune de ses extrémités, dans les cylindres de fer doux de l'électro-aimant.

En produisant l'aimantation au moyen d'une pile de Bunsen de 60 couples, j'ai obtenu, dans ces conditions, avec l'eau distillée, un angle de 13° pour la rotation totale; avec une pile de 50 à 40 couples, cet angle n'a plus été que de 12° à 9° suivant la force de la pile.

Je vais exposer maintenant les résultats auxquels je

Digitized by Google

suis parvenu en opérant sur quelques liquides que j'ai choisis aussi différents que possible les uns des autres.

Alcool.

Cinq séries d'expériences composées chacune de plusieurs observations faites comparativement sur l'alcool rectifié (densité 0,804) et l'eau, m'ont donné :

Alcool.	Eau.	Rapport.
10°40′	12°10′	0,876
7°20′	8°20′	0,873
8°30′	9°40′	0,879
9°20′	10°40′	0,875
7°58′	9°5′	0,877
	Moyenne.....	0,876

Pour qu'on puisse juger des différences que présentent les observations consécutives d'une même série, observations dont je me suis borné à donner les moyennes, je transcris ici en détail celle dont se compose la cinquième. La première colonne indique l'azimuth de l'une des teintes sensibles, la seconde l'azimuth de l'autre teinte sensible, la troisième la différence de ces deux angles qui représente la rotation totale. Les observations sur l'eau et l'alcool ont alterné, mais on s'aperçoit facilement que pendant la durée de l'expérience l'intensité de l'aimantation n'a pas varié sensiblement.

	Alcool.	
16°55′	9°	7°55′
17°	9°5′	7°55′
17°	9°	8°
17°	9°	8°
17°	9°	8°
Moyenne de la rotation.....		7°58′

Digitized by Google

	Eau.	
17°30′	8°20′	9°10′
17°25′	8°15′	9°10′
17°25′	8°20′	9°5′
17°25′	8°25′	9°
17°25′	8°25′	9°
17°25′	8°20′	9°5′
17°25′	8°20′	9°5′
Moyenne de la rotation.....		9°5′

Cette expérience donne, en prenant le rapport entre 7° 58′ et 9° 5′, le nombre 0,877 qui représente le pouvoir magnéto-rotatoire spécifique de l'alcool, résultant de cette série. On a opéré de même pour les séries qui ont donné 0,876, 0,873, 0,879 et 0,875. En général, sauf de rares exceptions, les observations d'une même série dont on prenait la moyenne, ne différaient jamais les unes des autres de plus de 10 minutes, et même c'était l'exception.

Sulfure de carbone.

Trois séries d'expériences m'ont donné :

Sulfure.	Eau.	Rapport.
32°10′	10°20′	3,130
31°10′	10°	3,116
29°30′	9°20′	3,160

Les expériences de la troisième série ont été faites avec du sulfure de carbone préparé à Paris, et probablement un peu plus pur que celui avec lequel j'avais opéré d'abord. Je crois donc qu'il faut se borner à prendre la moyenne des deux premières séries, savoir 3,123, pour le coefficient de la polarisation magnéto-rotatoire spécifique du premier échantillon de sulfure de carbone dont je me suis servi, et 3,16 pour celui du sulfure de carbone de Paris, d'une densité de 1,270.

Digitized by Google

Je ne transcris pas ici le tableau des observations dont se compose chaque série, parce qu'elles diffèrent très-peu les unes des autres (à peine de 3 ou 5 minutes), ce qui tient à l'exactitude avec laquelle on peut saisir avec le sulfure de carbone, les teintes sensibles qui sont si prononcées et par conséquent si nettes. Il en est de même pour les trois liquides qui suivent,

Composés d'éthyle.

Oxyde d'éthyle.	Eau.	Rapport.
8°20′	10°10′	0,838
Bromure d'éthyle.		
12°	10°	1,200
Iodure d'éthyle.		
22°20′	10°	2,233

Acide sulfurique.

L'acide sulfurique est de tous les liquides celui sur lequel les expériences ont été le plus difficiles, ce qui tient à deux causes, la première à la difficulté que j'ai eue à me procurer de l'acide sulfurique bien pur et bien concentré, la seconde à la facilité avec laquelle l'acide sulfurique concentré absorbe l'humidité de l'air; absorption qui, en l'altérant, modifie singulièrement son pouvoir magnéto-rotatoire.

Trois séries d'expériences faites sur de l'acide sulfurique, acheté chez un marchand de produits chimiques, à Genève, m'ont donné :

Acide sulfurique.	Eau.	Rapport.
8°	9°50′	0,814
7°35′	9°45′	0,812
9°	11°	0,818
	Moyenne.....	0,8147

Digitized by Google

Plus tard, de l'acide sulfurique provenant de la fabrique de M. Rousseau, de Paris, m'a donné, dans trois séries d'expériences, les résultats suivants :

Acide sulfurique.	Eau.	Rapport.
7°50′	9°40′	0,810
7°20′	9°15′	0,792
7°20′	9°13′	0,796
	Moyenne.....	0,799

Ce nombre 0,799, auquel je peux substituer 0,800 sans erreur sensible, exprime donc le pouvoir magnéto-rotatoire spécifique de l'acide sulfurique de Paris; il m'a servi plus tard pour le calcul des résultats que j'ai obtenus en opérant sur des mélanges en diverses proportions de ce même acide et de l'eau.

Je transcris ici la dernière série des observations faites sur cet acide :

	Acide.	
16°35′	9°15′	7°20′
16°30′	9°15′	7°15′
16°45′	9°15′	7°30′
16°40′	9°20′	7°20′
16°40′	9°20′	7°20′
16°40′	9°20′	7°20′
16°40′	9°20′	7°20′
Moyenne de la rotation.....		7°20′

	Eau.	
17°30′	8°20′	9°10′
17°40′	8°20′	9°20′
17°35′	8°20′	9°15′
17°30′	8°20′	9°10′
Moyenne de la rotation.....		9°13′

Digitized by Google

On obtient, en prenant le rapport entre 7°20′ et 9°13′ le nombre 0,796 qui représente le pouvoir magnéto-rotatoire spécifique de l'acide sulfurique donné par cette série.

Enfin, j'ai dû à l'obligeance de M. le professeur Marignac une certaine quantité d'acide sulfurique mono-hydraté ($HO\ SO^3$), préparé par lui-même, sur la pureté duquel je pouvais par conséquent parfaitement compter. Cet acide m'a donné, dans deux séries d'expériences, les résultats suivants :

$HO\ SO^3$	Eau.	Rapport.
7°	9°20′	0,750
7°15′	9°40′	0,750

Je rapporte ici les observations de la première série, celles de la seconde ne présentent aucune différence entre elles.

	Acide ($HO\ SO^3$).	
16°15′	9°25′	6°50′
16°20′	9°20′	7°
16°25′	9°30′	6°55′
16°30′	9°20′	7°10′
16°25′	9°20′	7° 5′
16°20′	9°20′	7°
Moyenne de la rotation.....		7°

	Eau.	
17°40′	8°20′	9°20′
17°40′	8°20′	9°20′
17°40′	8°20′	9°20′
Moyenne de la rotation.....		9°20′

En prenant le rapport entre 7° et 9°20′ on obtient le nombre 0,750.

Ayant voulu plus tard me reservir du même acide

Digitized by Google

pour de nouvelles expériences, je trouvai une augmentation sensible dans son pouvoir magnéto-rotatoire qui était devenu 0,761 ; une troisième expérience me donna 0,768 et une quatrième 0,774. Soupçonnant que ces changements provenaient de l'altération qu'éprouvait l'acide par l'effet de l'eau hygrométrique qu'il absorbait chaque fois qu'on le transvasait du tube à expérience dans le flacon destiné à le contenir, et réciproquement, je repris une portion du même acide qui n'avait pas servi, j'eus soin de l'introduire dans un tube dont les deux obturateurs furent scellés avec soin, de manière que l'intérieur du tube ne pût avoir aucune communication avec l'air extérieur. Je soumis plusieurs fois à l'action de l'aimant, à des époques différentes, l'acide ainsi renfermé, et je retrouvai toujours le coefficient 0,750, ou du moins un coefficient très-rapproché, tel que 0,749 et 0,751.

La différence assez remarquable qui existe, sous le rapport qui nous occupe, entre le coefficient de polarisation magnéto-rotatoire de l'acide sulfurique de Paris (0,800), et celui de l'acide sulfurique mono-hydraté de M. Marignac (0,750), me paraît d'autant plus étonnante que la densité de ces deux acides est presque la même, celle de l'acide de Paris étant 1,842 à 13°, et celle de l'acide de M. Marignac étant 1,832 à 20°. Il est vrai que celui de Paris présente une légère teinte brunâtre et a une certaine odeur empyreumatique qui semble indiquer la présence de quelque substance étrangère, tandis que l'autre acide est parfaitement incolore et transparent, et n'a pas la moindre odeur.

Acide sulfureux.

J'ai fait quatre séries d'expériences sur l'acide sulfu-

Digitized by Google

reux anhydre liquéfié, en ayant soin que le tube qui le contenait et les obturateurs qui fermaient le tube fussent suffisamment solides. — La première série a été faite en aimantant l'électro-aimant avec le courant de la pile de 60 couples Bunsen, les trois autres avec la pile de 40 à 50 couples; les expériences ont été singulièrement concordantes. Voici pour chaque série le résultat des observations.

Acide sulfureux.	Eau.	Rapport.
15°10′	12°10′	1,246
13°40′	11°	1,241
12°	9°40′	1,241
13°40′	11°	1,241

Soupçonnant que le premier résultat était dû à ce que la température de l'acide était plus basse, j'ai pris de l'acide sulfureux à la température de 4° à 5°, et j'ai obtenu :

Acide sulfureux.	Eau.	Rapport.
14°	11°	1,272

Puis, l'acide s'étant réchauffé, et étant parvenu à la température de la chambre (12 à 13°), j'ai eu de nouveau 1,241.

Une autre série d'expériences faites quelques jours plus tard, m'a redonné le nombre 1,241, mais la chambre s'étant réchauffée, je n'ai plus obtenu que 1,233, puis à la fin de l'expérience 1,207, la température de la chambre s'étant élevée jusqu'à 20°.

Ces variations, si considérables pour de petits changements de température, tiennent à la grande dilatabilité de l'acide sulfureux anhydre liquéfié.

Nous verrons en effet, dans le paragraphe suivant, l'influence marquée qu'exerce la température sur le pouvoir

Digitized by Google

magnéto-rotatoire des liquides; influence qui est liée avec leur dilatabilité.

Nous pouvons donc, je crois, prendre sans erreur sensible, pour le coefficient de la polarisation magnéto-rotatoire spécifique de l'acide sulfureux à 12°, le nombre 1,240.

L'acide sulfureux, dissout dans l'eau en quantité suffisante, pour que l'eau en soit saturée, a donné :

Eau acidulée.	Eau.	Rapport.
12°	11°	1,100

On sait que l'eau dissout 50 fois son volume d'acide sulfureux gazeux. L'acide sulfureux gazeux, même sous la pression de trois atmosphères, ne m'a présenté aucune trace de polarisation magnéto-rotatoire.

Je ne ferai que mentionner, sans y insister longuement, quelques expériences faites sur d'autres liquides, sur les essences en particulier.

L'essence d'orange et l'essence de citron ne m'ont donné que des résultats peu satisfaisants à cause de la difficulté qu'on éprouve avec ces liquides qui ont une polarisation rotatoire naturelle, à déterminer la teinte sensible; l'essence de copahu se prête mieux à l'expérience. J'ai d'abord déterminé, dans les conditions de l'expérience, c'est-à-dire avec une colonne liquide, longue de 10 centim. la polarisation rotatoire naturelle qui s'est trouvée être de 23°30′. L'analyseur placé de manière à donner la teinte sensible, sans l'action de l'aimant, marquait 124°30′. Aimantant dans un sens on a retrouvé la teinte sensible à 118°45′, et aimantant dans l'autre sens on a retrouvé cette même teinte à 130°20′, ce qui donne pour le double de la polarisation magnéto-rotatoire 11°35′, celle de l'eau étant 8°45′ dans les mêmes cir-

Digitized by Google

constances ; on obtient ainsi, pour le coefficient de la polarisation magnéto-rotatoire spécifique de l'essence de copahu 1,320. Remarquons que, à partir de la teinte sensible naturelle qui correspond à l'azimuth de 124°30′, les deux rotations magnétiques donnent des angles sensiblement égaux (5°45′ et 5°50′) à gauche et à droite de l'azimuth de 124°30′.

Il n'en est pas de même de l'*essence de térébenthine* dont la polarisation rotatoire naturelle est plus considérable. A partir de 145°40′, angle qui correspond à la teinte sensible naturelle, on a, suivant le sens de l'aimantation 141° et 151°20′, ce qui donne 4°40′ dans un sens, et 5°40′ dans l'autre, en tout 10°20′ pour le double de l'angle de la polarisation magnéto-rotatoire ; or, l'angle correspondant étant pour l'eau de 8°40′, on a pour le coefficient de la polarisation magnéto-rotatoire spécifique de l'essence de térébenthine le nombre 1,192. Je n'attache pas une grande importance à ce nombre, à cause de la difficulté qu'on rencontre à se procurer de l'essence de térébenthine d'une composition toujours la même.

J'en dirai autant de la *créozote* du commerce sur laquelle j'ai fait plusieurs expériences, dont je me bornerai à citer une seule qui m'a donné 2,259 pour le coefficient de polarisation magnéto-rotatoire spécifique.

Créozote.	Eau.	Rapport.
19°20′	9°	2,259

Nous ne discuterons pas dans ce moment les résultats que nous venons de consigner dans ce paragraphe 2 ; nous y reviendrons à la fin de ce travail, alors que nous aurons quelques données de plus pour en tirer des conséquences.

Digitized by Google

§ 3. Influence de la température sur la polarisation magnéto-rotatoire des liquides.

Suivant quelques physiciens, l'élévation de la température augmente le pouvoir magnéto-rotatoire des corps solides (du verre par exemple); suivant d'autres, elle le diminue; il est probable que ces divergences tiennent aux inégalités de la dilatation, suivant la direction dans laquelle on l'observe, que présentent les solides, surtout ceux qui, comme le verre, ont une structure qui n'est point uniforme. Les liquides sont, pour ce genre d'observations, bien préférables aux solides à cause de l'uniformité de leur dilatation dans toutes les directions également. Chez tous ceux que j'ai étudiés en assez grand nombre, le pouvoir magnéto-rotatoire diminue avec l'élévation de la température; nous en avons déjà vu un exemple frappant dans l'acide sulfureux anhydre liquéfié; il est évident que, comme je l'ai déjà remarqué, c'est à sa grande dilatabilité [1] que sont dues les variations considérables qu'éprouve son coefficient de polarisation magnéto-rotatoire, qui de 1,272 qu'il est à 4°, devient 1,240 à 12° et 1,207 à 20°,

L'essence de térébenthine et la créozote présentent aussi une diminution sensible dans leur pouvoir magnéto-rotatoire à mesure qu'on élève leur température; ainsi la rotation qui est pour l'essence de térébenthine de 10° à la température de 12° C., n'est plus que de 9° à la température de 80° C.

[1] Le coefficient de dilatabilité de l'acide sulfureux liquide est de $^{180}/_{100000}$ à 10° et de $^{360}/_{100000}$ à 80°, c'est-à-dire presque égal à celui de l'air.

Digitized by Google

Cette même rotation qui est pour la créozote de 19° à la température de 12° C., n'est plus que de 17°35′ à la température de 80° C. Malheureusement, je n'ai pu me servir des expériences sur l'essence de térébenthine et sur la créozote pour chercher le rapport qui peut exister entre l'augmentation de leur volume et la diminution de leur pouvoir magnéto-rotatoire; j'aurais été obligé pour cela de déterminer directement leurs coefficients de dilatation, ne pouvant me fier aux coefficients qui leur sont attribués à cause des différences de composition que présentent, comme je l'ai dit plus haut, ces deux liquides suivant les échantillons qu'on soumet à l'expérience.

Je me suis borné à faire cette comparaison sur quatre liquides assez différents les uns des autres, que j'ai pu me procurer très-purs et dont les coefficients de dilatation ont été déterminés avec beaucoup de soin par divers physiciens et en particulier par M. Isidore Pierre.

Ces quatre liquides sont l'*alcool rectifié* (densité 804), l'*iodure d'éthyle*, l'*eau* et l'*acide sulfurique mono-hydraté* (HO,SO^3). Je me suis servi pour les quatre premiers des tables de dilatation données par M. Isidore Pierre et pour l'acide sulfurique de celle de Muncke.

Le tube qui renfermait le liquide sur lequel on opérait était entouré d'un manchon en métal d'un diamètre quadruple du diamètre du tube; ce manchon était rempli d'eau; une lampe à alcool permettait de réchauffer graduellement cette eau dont un thermomètre indiquait constamment la température; on avait soin d'attendre dans chaque expérience que le thermomètre fût devenu stationnaire, afin d'être sûr que le liquide intérieur avait bien la température de l'eau[1]. On avait pris la précaution

[1] Toutes les indications thermométriques sont en degrés centigr.;

Digitized by Google

de laisser dans le tube une bulle d'air qui n'était point sur le trajet du rayon polarisé, afin que le liquide pût se dilater librement; le tube lui-même n'augmentait pas sensiblement de volume, ce qui faisait que la colonne liquide ne changeait pas de longueur, mais diminuait seulement de densité par l'effet du réchauffement. Pour éviter toute chance d'erreur, j'ai opéré soit en réchauffant l'eau, soit après l'avoir réchauffée, en la laissant refroidir.

Alcool rectifié.

Température.	Rotation.
7° C.	9°10′
33° C.	8°55′
40° C.	8°52′
60° C.	8°40′
70° C.	8°30′

Ce tableau est la moyenne des résultats obtenus en arrivant aux températures indiquées, soit par voie de réchauffement, soit par voie de refroidissement. On en tire les rapports suivants entre la densité du liquide et son pouvoir magnéto-rotatoire correspondant.

Différence de températures.	Rapports entre les densités.	Rapportss entre les rotat ion.
7° à 33°	1,028	1,028
7° à 40°	1,037	1,035
7° à 60°	1,062	1,058
7° à 70°	1,079	1,078
33° à 60°	1,031	1,029
33° à 70°	1,050	1,050
40° à 60°	1,025	1,023
40° à 70°	1,042	1,043
60° à 70°	1,017	1,019

j'ai soin de mettre C. à la suite de ces indications afin qu'on ne confonde pas les degrés de température avec les degrés de rotation.

Digitized by Google

Ainsi, pour l'alcool, l'élévation de la température diminue le coefficient magnéto-rotatoire dans le même rapport à peu près qu'elle diminue la densité ; n'oublions pas en effet que dans les expériences, la longueur de la colonne que traverse le rayon polarisé reste constante et que ce sont les densités qui varient; par conséquent, le rapport entre le volume à 33° et le volume à 7° donne le rapport entre la densité à 7° et la densité à 33°, et de même pour les autres différences de température ; et c'est en prenant les rapports entre les volumes à diverses températures, tels qu'ils sont donnés par les tables de dilatation, que j'ai déterminé les rapports entre les densités.

Je passe maintenant aux expériences que j'ai faites sur l'iodure d'éthyle et sur l'alcool amylique en employant le même procédé que celui dont j'ai fait usage pour l'alcool rectifié.

Iodure d'éthyle.

Températures.	Rotations.
12° C.	20°40′
31° C.	20°13′
59° C.	19°30′

Différences de température.	Rapports entre les densités.	Rapports entre les rotations.
de 12 à 31°	1,0224	1,0222
12 à 59°	1,059	1,059
11 à 59°	1,036	1,036

Alcool amylique.

Températures.	Rotations.
15° C.	9°30′
30° C.	9°22′
35° C.	9°20′

Différences de température.	Rapports entre les densités.	Rapports entre les rotations.
de 15 à 30°	1,014	1,014
15 à 35°	1,019	1,018

Digitized by Google

Ainsi donc, comme pour l'alcool rectifié, la diminution occasionnée par l'élévation de la température dans le pouvoir magnéto-rotatoire, serait pour l'iodure d'éthyle et l'alcool amylique proportionnelle à la diminution correspondante de densité. C'est encore au moyen du rapport qui existe entre les volumes de ces liquides à diverses températures tels qu'ils sont donnés dans les tables dressées par M. Isidore Pierre[1] que j'ai déterminé le rapport entre les densités,

Les résultats que j'ai obtenus avec l'alcool sont les plus concluants, parce qu'ils sont tirés d'expériences faites sur une échelle de température plus étendue et qu'ils sont en même temps les plus nombreux ; toutefois, ils indiquent les uns comme les autres que, si la loi à laquelle ils semblent conduire n'est pas absolue, elle est cependant bien près d'être exacte, du moins entre les limites de température entre lesquelles l'observation a eu lieu. Si donc on pouvait établir rigoureusement que pour tout liquide le pouvoir magnéto-rotatoire est proportionnel à la densité que ce liquide possède à une température déterminée, on arriverait à en conclure que ce pouvoir est moléculaire et qu'il reste le même pour chaque molécule, quelles que soient les conditions physiques dans lesquelles elle est placée, et on en déduirait que le pouvoir magnéto-rotatoire d'un corps n'est que la somme des pouvoirs magnéto-rotatoires des particules dont il se compose. C'est le principe que les recherches de M. Biot avaient fait admettre pour le pouvoir rotatoire naturel dont sont douées certaines substances.

Les expériences nombreuses que j'ai faites sur l'*eau* et

[1] *Ann. de chimie et de phys.*, 3me série, vol. XV, p. 354, et vol. XIX, p. 199 et suivantes.

Digitized by Google

sur l'*acide sulfurique mono-hydraté* ($HO\,SO^3$) n'ont point confirmé la loi qui semblait découler des observations qui précèdent, comme je vais le montrer en rapportant les nombres qui se rapportent à ces deux liquides.

Parmi les séries d'expériences auxquelles j'ai soumis l'eau, et qui toutes conduisent à la même conséquence, je choisis la suivante qui est une des dernières que j'ai faites et à laquelle j'ai apporté un soin tout particulier ; elle présente aussi l'avantage de comprendre une plus grande échelle de températures.

Eau distillée.

Températures.	Rotations.
10° C.	10°35′
21° C.	10°30′
31° C.	10°25′
40° C.	10°20′
51° C.	10°15′
60° C.	10°10′
71° C.	10°5′

Différences de température.	Rapports entre les densités.	Rapports entre les rotations.
10 à 21°	1,0017	1,008
21 à 31°	1,0023	1,008
21 à 40°	1,0032	1,008
40 à 51°	1,0048	1,008
51 à 60°	1,0042	1,008
60 à 71°	1,0067	1,008
10 à 31°	1,0040	1,016
10 à 41°	1,0073	1,022
10 à 51°	1,0120	1,032
10 à 60°	1,0170	1,041
10 à 71°	1,0230	1,050
21 à 60°	1,0150	1,033
41 à 60°	1,0090	1,016
21 à 71°	1,0220	1,041
31 à 71°	1,0190	1,033
40 à 71°	1,0160	1,024
51 à 71°	1,0110	1,016

Digitized by Google

Le tableau qui précède montre que les pouvoirs magnéto-rotatoires diminuent chez l'eau d'une manière assez régulière avec l'augmentation de température, en particulier que le rapport entre les pouvoirs magnéto-rotatoires pour des températures distantes de 5° à 5°, reste assez sensiblement le même avec une légère tendance à augmenter à mesure que la température absolue est plus élevée. Mais on ne trouve plus, comme avec les trois liquides sur lesquels nous avons opéré d'abord, que les rapports entre les diminutions de rotation soient égaux aux rapports entre les diminutions de densité correspondantes; ces derniers sont beaucoup plus faibles surtout aux températures les moins élevées. Ainsi, dans l'eau, l'effet de l'élévation de la température sur la rotation magnéto-rotatoire ne tient pas seulement à ce que cette élévation diminue la densité; elle agit par elle-même et d'autant plus que la température absolue est plus élevée. En effet, le rapport entre la densité à 40° et la densité à 51° est 1,0048 tandis qu'elle est seulement, pour onze degrés également de différence, de 1,0017 entre 10° et 21°, et cependant le rapport entre les pouvoirs rotatoires est le même, 1,008 dans les deux cas également. Il aurait dû être un peu plus grand dans le second que dans le premier. Il y aurait donc deux facteurs dans l'influence de la température sur le pouvoir magnéto-rotatoire : l'un tenant à la variation de la densité, l'autre à celle de la température elle-même indépendamment de son influence sur la densité, les deux facteurs agissant dans le même sens, c'est-à-dire que l'élévation de température diminue le pouvoir magnéto-rotatoire soit en diminuant la densité, soit directement.

Digitized by Google

Voici maintenant un tableau d'observations sur l'acide sulfurique mono-hydraté qui renferme la moyenne des résultats fournis par deux séries différentes d'expériences.

Acide ($HO\,SO^3$).

20° C.	8°
30° C.	7°52′
40° C.	7°50′
50° C.	7°43′
60° C.	7°35′

Différences de température.	Rapports entre les densités.	Rapports entre les rotations.
de 20 à 30°	1,0059	1,010
30 à 40°	1,0059	1,010
40 à 50°	1,0058	1,015
50 à 60°	1,0055	1,017
20 à 60°	1,0231	1.055

On voit que, pour l'acide sulfurique comme pour l'eau, le pouvoir magnéto-rotatoire diminue avec la température plus rapidement que si cette diminution ne dépendait que de la densité.

Il me paraît donc évident que, quoique la diminution de la densité soit la principale cause qui fasse décroître le pouvoir magnéto-rotatoire avec l'élévation de la température, elle ne suffit pas dans tous les cas pour expliquer cette diminution, et qu'il faut admettre que l'effet moléculaire lui-même est moins énergique quand la température est plus élevée. Avec certains liquides, tels surtout que l'alcool, cette influence directe de la température est presque insensible, ce qui tient probablement à la grande dilatabilité de ce liquide qui rend prépondérante l'influence de la diminution de la densité.

Digitized by Google

§ 4. DÉTERMINATION DU POUVOIR MAGNÉTO-ROTATOIRE DU MÉLANGE DE DEUX LIQUIDES.

J'ai commencé par mélanger ensemble deux volumes égaux d'eau distillée et d'alcool rectifié de 0,804 de densité. Le pouvoir magnéto-rotatoire du mélange a été obtenu au moyen de deux séries d'expériences faites à des époques différentes qui ont donné les nombres suivants :

Mélange.	Eau.	Rapport.
11°40′	12°	0,972

Le pouvoir magnéto-rotatoire calculé en supposant qu'il soit la moyenne de ceux de l'eau et de l'alcool est 0,938, celui de l'eau étant 1,000 et celui de l'alcool étant 0,876. La densité réelle du mélange a été trouvée égale à 0,935 ; la densité, calculée en supposant qu'elle soit la moyenne de la densité de l'eau et de celle de l'alcool, serait 0,902. Or le rapport entre le pouvoir rotatoire réel et ce même pouvoir calculé est 1,0362, et le rapport entre la densité réelle et la densite calculée est 1,0365. Ainsi dans le mélange de l'eau et de l'alcool à volumes égaux, qui est accompagné d'une contraction sensible, ainsi que le prouve d'ailleurs l'augmentation de densité, le pouvoir magnéto-rotatoire augmente exactement dans le même rapport que la densité, ce qui prouve que le pouvoir magnéto-rotatoire moléculaire ne change pas. Nous avons vu dans le paragraphe précédent qu'il en est de même avec l'alcool pour les changements de densité provenant des variations de la température. En prenant un mélange d'eau et d'alcool à volumes égaux, j'ai choisi celui pour lequel le changement de volume est le plus considérable; il est donc évident qu'avec des mé-

Digitized by Google

langes en d'autres proportions on trouverait le même résultat.

Les mélanges d'eau et d'acide sulfurique en différentes proportions m'ont donné des résultats assez intéressants et que je tiens à exposer avec quelques détails. Ce genre d'expériences présente quelques difficultés, surtout avec les solutions concentrées, à cause de la promptitude avec laquelle elles attirent l'humidité de l'air, ce qui change leur identité ; cependant on parvient avec des précautions à éviter cet inconvénient. Nous avons vu en effet que l'acide sulfurique monohydraté qui a un pouvoir rotatoire de 0,750, en acquiert un égal à 0,757 après un ou deux transvasages dans l'air et un égal à 0,768 après un plus grand nombre.

Mes premières expériences ont été faites avec l'acide sulfurique de Paris dont le pouvoir rotatoire est 0,800 et la densité prise très-exactement 1,842. J'ai fait avec cet acide et l'eau distillée des mélanges dans la proportion de :

9 volumes d'eau et 1 d'acide,
7 volumes d'eau et 3 d'acide,
5 volumes d'eau et 5 d'acide,
4 volumes d'eau et 6 d'acide,
3 volumes d'eau et 7 d'acide,
2 volumes d'eau et 8 d'acide,

J'ai pris le pouvoir magnéto-rotatoire de chacune de ces dissolutions, j'ai comparé ce pouvoir réel avec le pouvoir calculé en prenant 0,800 pour le pouvoir magnéto-rotatoire de l'acide pur et 1000 pour celui de l'eau, en tenant compte de la proportion d'eau et d'acide que l'on mélange et en supposant qu'il n'y ait pas changement de

Digitized by Google

volume par le fait du mélange. J'ai déterminé également le rapport entre la densité réelle de chaque dissolution et sa densité calculée en supposant qu'il n'y ait point de changement de volume par le fait du mélange, en prenant 1,8471 pour la densité de l'acide pur et 1000 pour celle de l'eau.

Le tableau suivant, dressé d'après la moyenne d'un grand nombre d'expériences, donne pour chacune des dissolutions, d'une part son pouvoir rotatoire réel, son pouvoir rotatoire calculé et le rapport qui existe entre ces deux pouvoirs, d'autre part sa densité réelle, sa densité calculée et le rapport entre ces deux densités.

Proportion d'acide dans la dissolution.	Pouvoirs rotatoires réels.	Pouvoirs rotatoires calculés.	Rapport entre les deux pouvoirs.
0,1	1,012	0,980	1,032
0,3	0,975	0,940	1,037
0,5	0,934	0,900	1,037
0,6	0,915	0,880	1,039
0,7	0,888	0,860	1,032 [1]
0,8	0,875	0,840	1,040

	Densités réelles.	Densités calculées.	Rapport entre les deux densités.
0,1	1,118	1,084	1,032
0,3	1,316	1,252	1,051
0,5	1,553	1,421	1,093
0,6	1,607	1,505	1,068
0,7	1,623	1,590	1,071 [1]
0,8	1,751	1,674	1,045

[1] Le résultat obtenu, soit pour le rapport entre les pouvoirs rotatoires réels et calculés, soit pour le raport entre les densités réelles et calculées avec la dissolution qui renferme 7 parties d'acide en volume pour 3 d'eau présente une anomalie évidente. Je n'ai pu découvrir la cause de cette anomalie ; il est possible qu'elle provienne d'une erreur d'expérience ; cependant je ne suis pas disposé à le croire.

Digitized by Google

Il résulte de ce tableau que, pour les dissolutions qui ne renferment qu'une proportion relativement faible d'acide ou d'eau, le pouvoir magnéto-rotatoire s'accroît dans le même rapport que la densité. Ainsi le rapport entre le pouvoir rotatoire réel et le pouvoir calculé est 1,032 pour la dissolution qui contient sur dix parties en volume, une d'acide sulfurique et neuf d'eau; pour la même dissolution le rapport entre la densité réelle et la densité calculée est aussi 1,032. De même le rapport entre le pouvoir rotatoire réel et le pouvoir calculé est 1,040 pour la dissolution qui renferme sur dix parties en volume, huit d'acide et deux d'eau, et le rapport entre la densité réelle et la densité calculée est pour la même dissolution 1,045, c'est-à-dire presque le même, seulement un peu plus considérable. Mais si l'on prend les dissolutions qui renferment des quantités d'eau et d'acide qui se rapprochent d'être égales, telles que celles comprises entre trois dixièmes d'eau et sept dixièmes d'acide d'une part, trois dixièmes d'acide et sept dixièmes d'eau d'autre part, alors le rapport entre les pouvoirs rotatoires réels et calculés, devient sensiblement plus faible que le rapport entre les densités réelles et les densités calculées, et cette différence atteint son maximum pour la dissolution qui renferme une égale quantité en volume d'acide et d'eau.

Quant aux pouvoirs rotatoires eux-mêmes, le rapport entre le pouvoir réel et le pouvoir calculé ne diffère pas beaucoup d'une dissolution à l'autre; cependant il va en croissant légèrement, mais régulièrement, à mesure que la dissolution est plus concentrée.

Il me semble qu'on peut tirer de ces observations la

Digitized by Google

conséquence que la combinaison de l'acide et de l'eau diminue le pouvoir rotatoire moléculaire, puisque le rapport entre le pouvoir rotatoire réel d'un certain volume du mélange et le pouvoir rotatoire de ce mélange calculé en supposant qu'il n'y ait pas contraction, est inférieur au rapport qui existe entre la densité réelle et la densité calculée de cette même dissolution, tandis que ces deux rapports auraient dû rester égaux si la combinaison de l'eau et de l'acide n'avaient pas modifié leur pouvoir rotatoire individuel. Quand la proportion d'eau ou d'acide est très-faible, la portion de leurs ingrédients qui s'est combinée étant très-peu considérable et se mélangeant dans celui des ingrédients qui est en excès, la dissolution se conduit comme si elle n'était qu'un simple mélange. Un fait assez curieux, c'est cette égalité presque complète des rapports qui existent, pour chaque dissolution, entre son pouvoir magnéto-rotatoire réel et ce même pouvoir calculé, ce qui semblerait indiquer que l'action chimique qui apporte au pouvoir magnéto-rotatoire de la dissolution une modification qui le rend différent de ce qu'il serait si la dissolution n'était qu'un simple mélange, agit sensiblement de la même manière sur chacun; je dis *sensiblement*, parce que les rapports, sans différer beaucoup, ont cependant une tendance à s'accroître à mesure que la proportion d'acide augmente par rapport à celle de l'eau.

J'ai encore soumis aux mêmes expériences deux autres dissolutions d'acide sulfurique dans l'eau que M. le professeur Marignac a bien voulu me fournir; toutes les deux ont été préparées avec l'acide sulfurique monohydraté ($HO\ SO^3$), dont la densité est 1,83211 à 20° et le pouvoir magnéto-rotatoire spécifique, comme je l'ai indiqué plus haut, 0,750.

Digitized by Google

L'une de ces dissolutions est la dissolution $HO\,SO^3 + 5Aq$; l'autre est la dissolution $HO\,SO^3 + 10\,Aq$. Le pouvoir magnéto-rotatoire réel de chacune de ces dissolutions a été comparé à son pouvoir magnéto-rotatoire calculé en supposant que ce pouvoir fût la moyenne des pouvoirs rotatoires individuels de l'eau et de l'acide ($HO\,SO^3$) mélangés dans la même proportion dans laquelle ils entrent dans la dissolution. On a comparé de même les densités réelles de ces dissolutions à leurs densités calculées en supposant qu'il n'y eût pas contraction dans le mélange.

Dissolution ($HO\,SO^3$) + 5 Aq.

Rotation réelle	0,943
Rotation calculée	0,906
Rapport entre les deux rotations	1,041
Densité réelle	1,4132
Densité calculée	1,310
Rapport entre les deux densités	1,078

Dissolution $HO\,SO^3 + 10\,Aq$.

Rotation réelle	0,980
Rotation calculée	0,942
Rapport entre les deux rotations	1,040
Densité réelle	1,2609
Densité calculée	1,1903
Rapport entre les deux densités	1,060

On voit que, comme dans les expériences précédentes, le rapport entre les pouvoirs rotatoires diffère d'autant moins des rapports entre les densités, que la proportion d'eau et d'acide dans le mélange est plus différente. Ce qu'il y a d'assez remarquable, c'est que, comme précédemment, les rapports entre les pouvoires rotatoires

Digitized by Google

réels et les pouvoirs calculés sont sensiblement les mêmes pour chacune des dissolutions.

Il ne faut pas perdre de vue que les pouvoirs magnéto-rotatoires spécifiques sont toujours pris à volumes égaux, et que les pouvoirs calculés sont les moyennes des pouvoirs respectifs de l'eau et de l'acide, en supposant que le mélange ait lieu sans changement de volume. Si dans le calcul on tient compte de la contraction, alors on trouve, comme on devait s'y attendre, que le pouvoir calculé est supérieur, toujours à volume égal, au pouvoir réel ; il est, en effet, 0,965 au lieu de 0,943 pour $HO\,SO^3+5Aq$, et 0,998 au lieu de 0,980 pour $HO\,SO^3+10Aq$. Ainsi le composé a un pouvoir magnéto-rotatoire inférieur à la moyenne des pouvoirs respectifs de l'eau et de l'acide qui forment la combinaison. C'était déjà la conséquence du fait que le rapport entre le pouvoir réel et le pouvoir calculé, sans tenir compte de la contraction, était inférieur au rapport entre la densité réelle et la densité calculée sans tenir compte non plus de la contraction.

§ 5. Détermination des pouvoirs magnéto-rotatoires de quelques liquides isomères.

M. Berthelot avait bien voulu me donner, au printemps de 1869, une certaine quantité de deux liquides isomères ; mais, ne les ayant pas préparés lui-même, il avait eu soin de me dire qu'il ne répondait pas de leur parfaite pureté ; c'étaient l'*éther éthylvalérique* et l'*éther amylacétique*, ayant tous les deux pour formule générale $C^{14}H^{14}O^4$. Soumis plusieurs fois, et à diverses époques, à l'expérience, le second a toujours manifesté un pouvoir magnéto-rotatoire

Digitized by Google

plus fort que le premier; les expériences les plus exactes ont donné pour le pouvoir magnéto-rotatoire spécifique du premier 0,877, et pour celui du second 0,895. Quand j'ai voulu comparer les pouvoirs rotatoires de ces deux isomères à leurs densités, j'ai été assez embarrassé à cause de la difficulté de bien établir ces densités. Ainsi, d'après M. Delffs, la densité de l'éther amylacétique serait 0,863 à 10°, et d'après M. Kopp 0,8837 à 0°. La densité de l'éther éthylvalérique serait d'après M. Delffs 0,870 à 13°,5, et d'après M. Berthelot lui-même 0,869 à 14°. D'un autre côté, M. Adolphe Perrot qui a eu l'obligeance de déterminer pour moi les densités de la plupart des liquides dont j'ai fait usage dans mes recherches, a trouvé 0,870 pour la densité à 16°, soit de l'éther éthylvalérique, soit de l'éther amylacétique. Ainsi, les échantillons sur lesquels j'ai opéré auraient exactement la même densité; or, la différence très-sensible que présentent leurs pouvoirs rotatoires ne peut donc tenir à une différence de densité. D'ailleurs, lors même qu'on prendrait pour l'éther amylacétique la densité qui lui est attribuée soit par M. Delffs, soit par M. Kopp, cela ne suffirait nullement pour expliquer la supériorité de son pouvoir magnéto-rotatoire. Il y a donc probablement dans le groupement moléculaire différent que présentent ses deux liquides isomères, une cause qui donne à l'éther amylacétique un pouvoir magnéto-rotatoire plus considérable que celui que présente l'éther éthylvalérique.

Plus tard, ayant dû à l'obligeance de M. Wurtz des spécimens de quelques liquides isomères qu'il avait préparés lui-même, j'ai pu étendre le champ de mon étude.

Outre l'*acétate d'amyle* et le *valérate d'éthyle* que j'avais déjà soumis à l'expérience sous le nom d'*éther*

Digitized by Google

amylacétique et d'*éther éthylvalérique*, M. Wurtz m'avait envoyé un spécimen de *butyrate d'isopropyle* qui est isomère avec les deux autres. La formule générale de ces trois composés est, d'après la notation adoptée par M. Wurtz, qui double le chiffre de l'hydrogène $C^7H^{14}O^2$, au lieu de $C^{14}H^{14}O^4$. Suivant le système adopté par M. Wurtz la formule devient :

pour l'*acétate d'amyle* $C^2H^3(C^5H^{11})O^2$;
pour le *valérate d'éthyle* $C^2H^3(C^5H^9)O^2$;
pour le *butyrate d'isopropyle* $C^3H^7(C^4H^7)O^2$.

Ces trois liquides m'ont donné les résultats suivants, déduits de cinq séries d'expériences pour chacun [1] :

Acétate d'amyle.

Acétate.	Eau.	Rapport.
8°40′	9°35′	0,904
8°26′	9°20′	0,902
8°40′	9°36′	0,903
8°54′	9°50′	0,905
8°50′	9°45′	0,906
Moyenne.....		0,904

Valérate d'éthyle.

Valérate.	Eau.	Rapport.
8°20′	9°30′	0,877
8°5′	9°10′	0,881
8°13′	9°20′	0,880
8°30′	9°45′	0,879
8°12′	9°23′	0,877
Moyenne.....		0,879

[1] Je dois remarquer que je n'ai pu donner aux colonnes liquides la longueur de 10 centimètres, vu que je n'avais pas suffisamment de liquide. Les colonnes d'acétate d'amyle et de butyrate d'isopropyle

Digitized by Google

Butyrate d'isopropyle.

Butyrate.	Eau.	Rapport.
8°20′	9°40′	0,862
8°5′	9°20′	0,866
8°30′	9°50′	0,864
8°12′	9°30′	0,863
8°23′	9°40′	0,865
	Moyenne.....	0,864

Parmi les séries d'expériences, j'en ai exclu une qui m'a donné, pour les trois liquides, des résultats assez différents de ceux que m'ont fournis les cinq séries qui m'ont servi à dresser les tableaux qui précèdent; mais cependant, les nombres trouvés étaient bien d'accord quant à leurs rapports entre eux, avec ceux résultant des moyennes respectives des trois tableaux : c'étaient pour *l'acétate d'amyle* 0,893, pour le *valérate d'éthyle* 0,858 et pour le *butyrate d'isopropyle* 0,853. Je ne puis attribuer cette différence, qui ne s'est présentée qu'une fois, qu'à la température très-élevée (plus de 30°) à laquelle ces dernières expériences ont été faites. Toutefois, si l'on veut introduire cette dernière série dans les trois tableaux, on trouve que la moyenne devient pour l'*acétate*, 902 au lieu de 904, pour le *valérate* 877 au lieu de 879, et pour le *butyrate* 862 au lieu de 864; ces nouveaux nombres exprimeraient alors respectivement le pouvoir magnéto-rotatoire spécifique des trois liquides. Je préfère cependant adopter les premiers.

Quoi qu'il en soit, il résulte des expériences qui précè-

avaient chacune 6 centimètres de longueur, celle du valérate d'éthyle n'en avait que 5 ½; il va sans dire que la longueur de la colonne d'eau était toujours égale à celle du liquide auquel on la comparait.

Digitized by Google

dent que les trois isomères ont des pouvoirs magnéto-rotatoires sensiblement différents; le butyrate en aurait un moindre que le valérate et celui-ci en aurait un notablement inférieur à celui de l'acétate, comme je l'avais déjà trouvé avec les deux liquides que m'avait donnés M. Berthelot. Il est probable, ainsi que je l'ai déjà remarqué, que ces différences tiennent au mode de groupement moléculaire, qui n'est pas le même dans les trois substances, comme cela résulte des formules chimiques de M. Wurtz que j'ai rapportées plus haut. Ajoutons que les températures d'ébullition suivent le même ordre que les pouvoirs rotatoires : cette température est de 138° pour l'acétate, de 133° pour le valérate, et de 128° pour le butyrate. Par contre les densités ne semblent pas avoir d'influence sur le phénomène, car celle du valérate (0,894) est plus forte que celle de l'acétate (0,880). Il est vrai que celle du butyrate (0,878) est la plus faible des trois. Nous devons remarquer que le valérate d'éthyle a un pouvoir rotatoire naturel assez fort, de 1°30′ sur une longueur de 10 centimètres; cette propriété ne semble pas avoir de relation avec le pouvoir magnéto-rotatoire, puisque le valérate se trouve, quant à ce pouvoir, placé entre l'acétate et le butyrate, qui n'ont pas de pouvoir rotatoire naturel sensible.

Je passe à deux autres isomères, l'*alcool amylique* et *l'hydrate d'amylène*, dont la formule générale est, selon M. Wurtz, $C^5H^{12}O$. L'alcool amylique a, comme le valérate d'éthyle, un pouvoir rotatoire naturel assez considérable (1°40′), mais ce pouvoir s'exerce dans un sens contraire; il ne paraît pas avoir non plus aucune influence sur le pouvoir magnéto-rotatoire.

Digitized by Google

Trois séries d'expériences ont été faites sur chacun de ces deux liquides. Elles ont donné les résultats suivants :

Alcool amylique.

Alcool.	Eau.	Rapport.
9°40′	10°	0,967
9°20′	9°40′	0,966
9°15′	9°35′	0,965
Moyenne.....		0,966

Hydrate d'amylène.

Hydrate.	Eau.	Rapport.
8°20′	8°40′	0,961
7°55′	8°16′	0,958
8°	8°20′	0,960
Moyenne.....		0.960

Ainsi l'alcool amylique aurait un pouvoir magnéto-rotatoire légèrement supérieur à celui de l'hydrate d'amylène[1] ; remarquons encore que la température d'ébullition du premier (132°) est supérieure à celle du second (104 à 105°). Quant aux densités, elles diffèrent peu : celle de l'alcool amylique étant 0,818 à 15°, et celle de l'hydrate d'amylène 0,826 à 0°.

M. Wurtz a bien voulu m'envoyer encore deux autres liquides isomères, l'*amylamine et l'isoamylamine*[2] dont la formule générale est $C^5H^{13}Az$. Malheureusement l'isoamylamine attire facilement l'acide carbonique de l'air

[1] Je dois faire remarquer que la longueur de la colonne de l'alcool amylique était de 8 centim., tandis que celle de l'hydrate d'amylène n'avait que 4 centim. de longueur, mais dans chaque cas la colonne d'eau avait la même longueur que celle du liquide auquel on la comparait ; ce qui fait que les rapports sont bien exacts.

[2] La colonne d'amylamine était de 6 centimètres de longueur, celle de l'isoamylamine seulement de 4. Même observation du reste que dans la note précédente.

Digitized by Google

pour former un carbonate solide, ce qui trouble légèrement sa transparence. Aussi ai-je eu quelques difficultés à déterminer son pouvoir magnéto-rotatoire d'une manière bien exacte. Il n'en a pas été de même de l'amylamine; trois premières séries d'observations ont donné les résultats suivants :

Amylamine.

Amylamine.	Eau.	Rapport.
10°56′	10°40′	1,025
9°35′	9°20′	1,026
9°20′	9°5′	1.027
	Moyenne.....	1,026

Trois autres séries d'expériences moins concordantes ont donné :

9°44′	9°33′	1,019
9°40′	9°30′	1,017
9°40′	9°15′	1,042
	Moyenne.....	1,026

Ainsi on peut regarder 1,026 comme exprimant bien exactement le pouvoir magnéto-rotatoire de l'amylamine.

Quant à l'isoamylamine, je crois pouvoir fixer, sans grande erreur, son pouvoir magnéto-rotatoire à 1,017 ; mais la difficulté de l'observation rend ce nombre un peu incertain. En tout cas, je peux conclure de mes expériences que cette substance a un pouvoir magnéto-rotatoire inférieur à celui de l'amylamine. Sa température d'ébullition est 78°5, tandis que celle de l'amylamine est 95° ; la densité de l'isoamylamine (0,815 à 0°) est inférieure à celle de l'amylamine (0,826 à 0°).

En résumé, les corps isomères, malgré l'identité de leur composition élémentaire, n'ont point le même pouvoir magnéto-rotatoire ; entre quelques-uns la différence

Digitized by Google

est grande, entre d'autres elle est peu considérable. Cette différence entre leurs pouvoirs magnéto-rotatoires ne paraît pas avoir de relation avec leur différence de densité; elle en aurait plutôt avec leur différence de température d'ébullition, car dans chaque groupe de corps isomères c'est toujours celui de ces corps qui a la température d'ébullition la plus élevée, qui a le pouvoir magnéto-rotatoire le plus considérable.

Conclusions.

Voici quelques conclusions que je crois pouvoir tirer des expériences que je viens d'exposer.

I. Le pouvoir magnéto-rotatoire des corps ne paraît pas avoir de relation avec leurs autres propriétés physiques. Quoique, en général, les substances les plus denses et les plus réfringentes semblent être celles qui possèdent ce pouvoir au plus haut degré, il y a de notables exceptions et l'acide sulfurique en est une des plus remarquables; ainsi, quoique plus dense et plus réfringent que l'eau, il a un pouvoir magnéto-rotatoire qui n'est que les $^3/_4$ de celui de l'eau (0,750), tandis que l'acide sulfureux liquéfié, bien moins dense, en a un sensiblement plus considérable que celui de l'eau (1,240). La nature chimique des corps exerce donc une influence prépondérante; il suffit, en effet, comme on vient de le voir, d'un équivalent de plus d'oxygène dans sa combinaison avec le soufre pour diminuer de près de la moitié le pouvoir magnéto-rotatoire du composé. Par contre le brome et surtout l'iode contribuent d'une manière remarquable, en entrant dans une combinaison, à la grandeur du pouvoir magnéto-rotatoire; on n'a qu'à pour s'en assurer comparer sous ce rapport les trois composés d'éthyle. La pré-

Digitized by Google

sence de l'azote dans un composé tend aussi à augmenter le pouvoir magnéto-rotatoire; c'est ce qui résulte des observations faites sur l'amylamine et l'isoamylamine dans lesquelles l'azote remplace l'oxygène qui se trouve dans l'alcool amylique et dans l'hydrate d'amylène, dont la composition, sauf cette substitution, est presque identique à celle des deux premières substances. En général, plus la proportion d'oxygène dans un composé est grande, moins le pouvoir magnéto-rotatoire de ce composé est considérable.

Il est probable toutefois que le mode de combinaison, et en particulier le mode de groupement des atomes et par conséquent le volume atomique exercent, indépendamment de la nature même des atomes, une grande influence sur l'intensité du pouvoir magnéto-rotatoire; c'est en particulier ce qui résulte des différences que présentent entre eux à cet égard les corps isomères.

II. L'élévation de la température diminue chez tous les corps liquides le pouvoir magnéto-rotatoire, d'abord en affaiblissant leur densité et par conséquent en diminuant dans un volume donné le nombre des particules qui agissent sur le rayon polarisé, ensuite par un effet direct indépendant de la dilatation, effet qui est surtout sensible chez les liquides peu dilatables tels que l'eau [1].

[1] Divers physiciens et notamment M. Wulner (*Ann. de Poggend.*, tome CXXXIII, p. 1-53), ont établi que le pouvoir réfringent d'un liquide diminuait avec l'élévation de la température dans le même rapport que la densité; mais, comme le remarque avec raison M. Bertin (*Annales de chimie et de phys.*, tome XIV, p. 499, 4me série), les expériences ont été faites avec des variations de température si peu considérables qu'il est impossible d'en conclure une loi générale; je suis convaincu que ce n'est qu'une loi approximative, comme pour les pouvoirs magnéto-rotatoires.

Digitized by Google

III. Le mélange de deux liquides, quand la préparation n'est pas accompagnée d'une forte action chimique, a un pouvoir rotatoire qui est la moyenne des pouvoirs rotatoires des ingrédients qui entrent dans sa formation. L'exemple des dissolutions d'acide sulfurique semble prouver que, lorsque la combinaison entre l'eau et l'acide est faible, c'est-à-dire que la dissolution ne renferme qu'une faible proportion de l'un ou de l'autre des deux ingrédients (moins de deux dixièmes), le pouvoir rotatoire du mélange est bien la moyenne des pouvoirs rotatoires des deux liquides qui le composent, en tenant compte de la proportion dans laquelle chacun d'eux entre dans le mélange et du changement de densité, du reste assez faible, dans ce cas. Par contre, quand la proportion de l'acide ou de l'eau est supérieure à deux dixièmes, le pouvoir rotatoire augmente dans une proportion bien moins forte que la densité, ce qui prouve que la combinaison a diminué le pouvoir magnéto-rotatoire moléculaire. Il est vrai que, dans ce cas, il y a dans la formation du mélange une forte action chimique, ainsi que le prouve la grande quantité de chaleur dégagée. Je suis disposé à croire que dans tous les cas il se forme un composé d'eau et d'acide en proportion déterminée, composé dont le pouvoir magnéto-rotatoire est toujours moindre que celui qu'on obtient en prenant la moyenne des pouvoirs rotatoires de l'eau et de l'acide qui entrent dans la combinaison, mais en tenant compte de la contraction, comme nous l'avons vu plus haut. Seulement dans le cas où les proportions des deux substances mélangées sont très-différentes, ce composé, dissous dans une grande quantité de celui des liquides qui est en excès, ne peut pas apporter une modification sensible au pouvoir rotatoire moyen. Il

Digitized by Google

n'en est plus de même dès que les proportions des deux liquides se rapprochent d'être égales, cas où le composé est en quantité proportionnellement beaucoup plus considérable dans le mélange. On pourrait donc se servir avec avantage de la polarisation rotatoire magnétique pour distinguer les simples dissolutions physiques ou combinaisons faibles, des combinaisons chimiques bien définies.

IV. Notre quatrième conclusion est que le phénomène de la polarisation rotatoire magnétique présente un moyen de pénétrer dans la constitution intime des corps, qui peut rendre de vrais services à la science. Ainsi l'étude encore très-incomplète que nous venons de faire, nous montre déjà que les rapports des particules pondérables avec l'éther dans lequel elles plongent, ne dépend pas uniquement de la nature de ces particules, mais de leur mode de groupement dans les combinaisons qu'elles forment entre elles ; car le simple mélange ne suffit pas pour modifier ces rapports, il faut nécessairement une combinaison pour que cette modification ait lieu. J'estime donc que c'est surtout en opérant sur les dissolutions et sur les corps isomères qu'on pourra réussir à apporter quelque lumière, soit sur la nature même du phénomène de la polarisation rotatoire magnétique, soit sur la constitution atomique des corps en déterminant dans ce but les différences qui existent entre les pouvoirs magnéto-rotatoires des isomères d'une part, et celles d'autre part que présentent les pouvoirs rotatoires de simples mélanges comparés à ceux de véritables combinaisons chimiques. — J'essayerai, si je peux me procurer les substances nécessaires, d'étudier les deux points que je viens de signaler, d'une manière plus complète que je n'ai pu le faire dans le présent travail.

Digitized by Google

NOTICE

SUR

LES TERRAINS CRÉTACÉS

DANS

LES CHAINES EXTÉRIEURES DES ALPES

DES DEUX COTÉS DU LÉMAN

Par M. V. GILLIÉRON.

(Communiquée à la Société des Sciences natur. de Bâle, le 2 mars 1870.)

Les montagnes dont je me propose de parler dans cette notice ne sont pas les moins connues des Alpes. Il en est surtout question dans les différents ouvrages où M. Studer a consigné les résultats de ses longues études [1]. Plus récemment, M. A. Favre a publié sur la Haute-Savoie une carte géologique et un grand ouvrage [2], dont ceux-là seuls peuvent apprécier le mérite qui connaissent par expérience les difficultés qu'on rencontre, quand on veut faire des recherches géologiques dans ces montagnes. Si j'ai quelque chose à ajouter aux résultats obtenus par ces Messieurs, sans avoir fait moi-même une étude spéciale de toute la région dont je veux parler, c'est grâce à la persévérance que mes fils et mon neveu ont mise à y chercher des fossiles, et aux études détaillées que la

[1] Geologie der westlichen Schweizeralpen, 1834. — Sur les terrains qui entourent le lac de Genève; Actes de la Société helvétique des Sciences naturelles, 1845, p. 96. — Geologie der Schweiz, vol. II.

[2] Carte géologique des parties de la Savoie, de la Suisse et du Piémont voisines du Mont-Blanc. — Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, etc.

Digitized by Google

Commission géologique m'a chargé de faire dans un territoire contigu, savoir la partie des Alpes fribourgeoises qui se trouve sur la feuille XII de l'Atlas de la Suisse.

J'ai surtout en vue, dans cette Notice, de parler des massifs du Moléson et des Verraux, représentés dans la feuille XVII de la carte de la Suisse, et d'une petite portion des montagnes du Chablais qui en sont la continuation directe.

M. Studer a depuis longtemps reconnu que la grande coupure formée par l'extrémité de la vallée du Rhône et le lac Léman, ne fait qu'interrompre des chaînes dont les formations géologiques sont les mêmes à droite et à gauche de la vallée. Ayant constaté dans le canton de Fribourg la continuation des terrains crétacés du Stockhorn et du Ganterisch que M. C. Brunner nous a fait connaître[1], je pouvais espérer de les retrouver de l'autre côté du Léman, dont les montagnes ont un aspect orographique semblable. Le temps dont je puis disposer pour des courses géologiques est trop restreint pour que j'aie pu en employer une partie à des études hors de la feuille dont j'ai entrepris le coloriage. Je me suis donc borné, il y a deux ans, à faire une course au Moléson ; plusieurs années auparavant j'avais eu l'occasion d'en faire une autre dans la Gruyère, en passant le col de Jaman ; mes fils et mon neveu se sont chargés de faire des recherches de fossiles au Moléson et dans le Chablais. Ils en ont trouvé assez pour démontrer la présence du néocomien dans ces régions, que presque tous les géologues ont envisagées jusqu'à présent comme entièrement jurassiques. Il y a, en outre, dans ces montagnes, des calcaires et schistes rouges

[1] Geogn. Beschr. der Gebirgsmasse des Stockhorns ; Nouveaux mémoires de la Soc. helvét. des Sciences natur., vol. XV.

Digitized by Google

et verdâtres, dont l'âge est en discussion à l'heure qu'il est. Ces couches sont plus récentes que le néocomien, mais je ne puis le démontrer d'une manière satisfaisante au moyen des documents que je possède sur les montagnes des bords du Léman. Aussi je suis conduit par là à commencer par parler des terrains crétacés dans la partie nord-est des Alpes de Fribourg, et à anticiper ainsi sur la description plus complète de ces montagnes que je serai appelé à faire plus tard. Je passerai ensuite au Moléson et au nord du Chablais.

RÉGION NORD-EST DES ALPES DE FRIBOURG.

Ces montagnes forment une partie des trois chaînes que M. Studer a distinguées[1] sous les noms de *massifs des vallées de la Simmen et de la Sarine, chaîne du Stockhorn et chaîne de la Berra.* Cette division est fondée sur l'orographie; elle l'est encore plus au point de vue géologique. En effet, quand on suit longitudinalement l'une de ces chaînes, qui vont en général du nord-est au sud-ouest, des rives de l'Aar à celles du Léman, on est frappé de la constance des caractères pétrographiques de chaque formation; le Ganterisch, par exemple, près de l'Aar, et le Moléson près du Léman, concordent parfaitement entre eux de la base au sommet. Si, au contraire, on fait un voyage de profil, il se trouve qu'en passant d'une chaîne à l'autre, c'est-à-dire en faisant parfois moins d'un quart de lieue en ligne horizontale, il y a des changements si considérables dans les caractères pétrographiques d'une formation que l'on vient de quitter que, pour la reconnaître, il faut avoir la chance de trouver des fossiles caractéris-

[1] Geol. der westl. Schweizeralpen, à partir de la page 251.

Digitized by Google

tiques. Ce fait est en général constant, mais à des degrés divers, pour toute la série des formations secondaires. Ainsi lors du dépôt des couches, les circonstances étaient les mêmes le long d'une ligne que l'on aurait tirée du nord-est au sud-ouest, et elles changeaient notablement le long d'une autre ligne perpendiculaire à la première.

Il résulte de cela que la description d'un étage, quelque courte qu'on veuille la faire, doit être reprise pour chaque chaîne en particulier.

Néocomien.

Chaîne de la Berra. Cette chaîne, qui borde la région molassique, a pour points culminants le Seelibuhl dans le canton de Berne, la Berra et le Niremont dans celui de Fribourg; les Voirons en Savoie en sont la continuation évidente. Elle est essentiellement composée de flysch. De cette formation sortent çà et là des couches calcaires, dont les rapports de gisements avec le flysch sont toujours fort énigmatiques. M. Studer les a décrites dans l'origine sous le nom de *calcaire de Châtel,* et les a rangées dans l'oxfordien d'après les restes organiques de quelques assises assez riches en fossiles. Cette classification, qui avait sa raison d'être, est devenue un objet de discussion depuis que la question des limites des périodes jurassique et crétacée a été soulevée; il faut donc, à l'exemple de M. Renevier, remettre en honneur le nom de calcaire de Châtel qui ne préjuge en rien l'âge du terrain.

C'est aux Voirons, en Savoie, que l'on a trouvé en premier lieu des assises néocomiennes qu'il a fallu séparer de ce calcaire[1]. Près de Châtel même, différents col-

[1] *A. Favre*, Notice sur la montagne des Voirons, résumée dans les

Digitized by Google

lecteurs ont recueilli de la même formation de nombreux fossiles qui se sont répandus dans les collections. M. Oost-ter les a fait connaître dans ses travaux sur les Céphalopodes, les Brachiopodes et les Échinodermes des Alpes suisses; M. Pictet en cite beaucoup aussi dans la Paléontologie de Sainte-Croix; mais il n'est pas à ma connaissance qu'on ait publié une étude stratigraphique de la localité. L'un de ces collecteurs a aussi recueilli dernièrement des fossiles néocomiens au Dat, au-dessus de Semsales, dans des couches qui doivent être la continuation de celles de Châtel.

Dans le reste de la chaîne, sur la feuille XII de l'Atlas fédéral, j'ai reconnu que le calcaire de Châtel est presque partout accompagné de couches néocomiennes, qui atteignent parfois une grande puissance. Dans la plus grande partie du massif de la Berra proprement dite, il ne paraît pas qu'il y ait à jour d'autres assises calcaires que celles qui appartiennent au flysch. Cependant au-dessus de Corbières on voit surgir le calcaire de Châtel, le néocomien, la craie supérieure et un lambeau qui contient des nummulites; mais les relations stratigraphiques de ces formations sont extrêmement difficiles à déterminer. Plus au sud, les terrains secondaires se sont complétement dégagés du flysch, ce qui fait que la chaîne y change de caractère. Cette partie ne porte pas d'autre nom dans la contrée que celui de *sur les Monts* qui est du reste peu employé. M. Studer l'appelle *mont Alire* d'après d'anciennes cartes; le pâturage auquel appartient proprement cette dénomination étant en dehors du massif, je me servirai du nom de *Montsalvens*, qui est celui de

Verhandl. der schweizer. Gesellschaft, 1848. — Pictet et de Loriol, Description des fossiles du néocomien des Voirons.

Digitized by Google

l'extrémité méridionale, couronnée par une ruine. Enfin, dans la partie septentrionale du Niremont, entre Semsales et Vuadens, je n'ai pas trouvé le calcaire de Châtel proprement dit, mais bien le néocomien.

C'est dans le massif du Montsalvens que l'on peut le mieux étudier le néocomien de la chaîne de la Berra. Il est visible surtout dans une série de parois de rochers qui couronnent la montagne, et sur les flancs de la gorge où coule la Jogne. Mais quoique la chaîne soit peu élevée, la structure géologique en est extrêmement compliquée, et on y trouve presque toutes les formes de plissements et de renversements de couches auxquelles le géologue alpin doit s'habituer.

La distinction des assises néocomiennes et du calcaire de Châtel est facile : dans les premières ce sont les couches schisteuses et plus ou moins tendres qui prédominent; dans le second ce sont les calcaires compactes et durs. En revanche, je n'ai su trouver aucun caractère sûr qui puisse faire distinguer pétrographiquement, même en face de grands affleurements, des calcaires argileux dont l'âge est différent; car les uns appartiennent à la base du néocomien, et les autres sont inférieurs au calcaire de Châtel, et plus ou moins connus sous le nom de calcaire à ciment. Quand les données stratigraphiques laissent en défaut, ce qui est le cas dans les gorges de la Jogne, on ne peut classer ces calcaires que quand on a trouvé des fossiles.

Le néocomien de la chaîne de la Berra comprend de bas en haut :

1. Calcaire assez dur, bleu à la cassure fraîche, gris foncé à l'air, en bancs de 1 décimètre en moyenne, avec marne calcaire schisteuse, grisâtre, en quantité presque égale. 30 mètres.

Digitized by Google

Les fossiles sont très-rares. Par sa position ce numéro doit correspondre aux couches de Berrias.

2. Calcaire et schistes semblables; seulement ils prennent à l'air des teintes plus variées, jaunâtres, olivâtres, etc. 30 mètres.

Les fossiles sont assez fréquents; ils sont pour la plupart pyriteux; c'est la zone à Belemnites latus.

3. Calcaire et schistes calcaires plus durs; les bancs compactes prédominent, mais sont peu épais; la teinte générale est bleu foncé à la cassure fraîche et devient bleu clair à l'air. Il y a des zones où la roche se montre sableuse. Il n'est pas possible d'apprécier la puissance de cette division, dans laquelle on ne trouve pas de coupe complète. Elle dépasse 100 mètres.

Les fossiles sont disséminés à toutes les hauteurs et pour la plupart à l'état de moules calcaires.

Cette série d'assises présente le facies paléontologique du néocomien alpin. Cependant, au haut et au bas, on a des bancs spéciaux où l'on rencontre des fossiles qui ne se trouvent ni au-dessus ni au-dessous et qui appartiennent à un facies différent; malheureusement ils sont mal conservés.

Chaîne du Stockhorn. Sous ce nom, on comprend les sommités plus élevées qui forment la partie centrale des Alpes extérieures entre l'Aar et le lac de Genève; orographiquement c'est un réseau de montagnes assez compliqué plutôt qu'une chaîne proprement dite.

Le calcaire qui forme la plus grande partie de ces sommets a été décrit par M. Studer sous le nom de *calcaire du Stockhorn,* et, à cause d'une zone fossilifère qui correspond tout à fait à celle de Châtel, il a été aussi classé par lui dans l'oxfordien.

Digitized by Google

Ces couches ont subi le même sort que celles du Montsalvens. M. C. Brunner y a trouvé la faune du néocomien alpin dans la partie bernoise de la chaîne, et les localités fossilifères ont été exploitées par M. Meyrat[1]. En même temps, M. Colomb concluait de quelques Crioceras trouvés dans des débris au pied de la crête de la Chérézolettaz, que les couches supérieures de l'arête devaient appartenir au néocomien[2].

Il était naturel de penser dès lors que la craie se retrouverait entre ces deux points. Les recherches que j'ai faites dans le canton de Fribourg ont confirmé ces prévisions de MM. Brunner et Studer[3], le néocomien y occupe de grands espaces.

La limite inférieure de la formation est moins facile à déterminer que ne l'a cru M. Brunner[4]. Au-dessus de la zone des fossiles du calcaire de Châtel proprement dit, on a sur une puissance de 80 à 100 mètres un calcaire de teinte claire, à bancs très-épais ou sans stratification, à la base duquel on trouve encore les fossiles du calcaire de Châtel, et plus haut seulement de rares fragments à peu près indéterminables. Dans la région la plus rapprochée de la chaîne du Simmenthal, on passe ensuite dans des couches néocomiennes par leurs fossiles sans que la roche ait changé. Dans la partie voisine de la chaîne de la Berra, l'apparition de couches schisteuses dans du calcaire presque blanc, indique le commencement du

[1] Geogn. Beschreibung des Stockhorns, p. 18. — F.-J. Pictet, Notice sur les fossiles découverts, etc. (Archives des Sciences phys. et natur., tome XV. p. 186.)

[2] Verhandl. der Schweiz. naturforsch. Gesellschaft in Aarau, 1850, p. 101.

[3] Geologie der Schweiz, 2ter Band, Seite 72.

[4] Mémoire cité, p. 18 au bas.

Digitized by Google

néocomien d'une manière un peu plus sensible; mais les fossiles que j'y ai trouvés sont encore insuffisants pour permettre d'y reconnaître positivement la zone à Belemnites latus, comme dans le massif du Montsalvens.

Dans son ensemble, le néocomien de la chaîne du Stockhorn est composé d'un calcaire compacte, à pâte très-fine, variant du noirâtre au gris clair, presque toujours panaché de taches noires; les bancs sont épais de 1 à 3 décimètres et séparés par des feuillets schisteux. Les intercalations marneuses de la chaîne de la Berra y manquent, et les couches résistent beaucoup plus à la désagrégation. La puissance dépasse 200 mètres. Les fossiles sont disséminés à toutes les hauteurs de la formation.

Quand on fait une course de profil, du nord-ouest au sud-est, on voit le néocomien diminuer de puissance; mais il continue à se montrer aussi longtemps qu'on reste dans la chaîne du Stockhorn; dès que l'on est dans celle du Simmenthal, on n'en trouve plus trace, du moins dans les parties que j'ai explorées jusqu'à présent.

La faune de ce néocomien est celle du type alpin pur; je n'y ai pas trouvé d'indice des couches qui, dans les régions du Montsalvens, indiquent l'apparition momentanée d'une faune d'un facies différent.

Craie supérieure.

Je prends ici l'expression de craie supérieure dans un sens général pour désigner les couches qui ont succédé au néocomien alpin; dans l'état actuel de nos connaissances, elles semblent correspondre à la série d'étages que l'on peut distinguer dans les autres parties des Alpes au-dessus du néocomien.

Digitized by Google

Chaîne de la Berra. A ma connaissance, ce terrain n'a pas encore été signalé dans cette chaîne. Il s'y compose surtout d'un calcaire blanc, assez tendre, souvent même crayeux, rarement compacte et dur, dont les bancs peu épais sont séparés par des parties schisteuses. A la base, il y a aussi des marnes calcaires schisteuses, souvent verdâtres, mais prenant aussi des teintes grises plus ou moins foncées. Quand on voit les points de contact avec le néocomien, on y trouve une assise de marnes schisteuses noires. Ces couches se trouvent au-dessus de Corbières et des deux côtés de la partie nord du massif du Montsalvens. Dans la région septentrionale du Niremont, elles occupent plus de place que le néocomien.

Chaîne du Stockhorn. Dans les ouvrages cités précédemment, MM. Studer et Brunner ont bien reconnu la position stratigraphique des assises dont je vais parler. D'après le premier, elles forment la partie supérieure du calcaire du Stockhorn; pour le second, elles surmontent le néocomien, et on pourrait les envisager comme représentant le calcaire de Seewen.

Quand on a traversé en montant les assises supérieures du néocomien, on arrive à des schistes calcaires noirs parfois un peu charbonneux; il y en a une ou plusieurs zones peu puissantes. Elles sont séparées et surmontées par des calcaires en bancs minces ou schisteux, qui ne se distinguent du néocomien que par une teinte plus ou moins verdâtre, et des taches noires dont les bords sont bien arrêtés et ne confluent pas avec la couleur de la roche. Plus haut, les nuances verdâtres se mêlent de rouge, et l'ensemble devient plus argileux et plus schisteux. Les deux teintes ne sont presque jamais réparties suivant la stratification; elles panachent en grand la masse

Digitized by Google

des couches, et c'est tantôt l'une tantôt l'autre qui domine. Des bancs de calcaire plus compacte et gris se présentent çà et là.

Ce massif est ordinairement très-puissant; souvent en zigzags comme le néocomien ; il forme des sommités considérables, ainsi la Scheibe et le Rothekasten; d'autres fois il n'en reste plus qu'un lambeau pincé entre les assises néocomiennes. Il se montre aussi sur le flanc de la chaîne du Stockhorn tourné du côté de celle du Simmenthal.

Chaîne du Simmenthal. Tandis que le néocomien manque dans cette région, les calcaires rouges et verdâtres s'y retrouvent, et y sont surtout connus par la localité de Wimmis.

Ils sont du reste identiques à ceux de la chaîne du Stockhorn; il n'y a d'autre différence à signaler qu'une grande diminution de puissance et l'absence des couches charbonneuses qui sont à la base; ces deux faits, surtout le dernier, portent à penser que dans le Simmenthal nous n'avons pas la série complète, et que ce n'est que la partie supérieure de l'étage qui s'y retrouve.

Le terrain sous-jacent est encore plus connu; c'est celui qui renferme la faune de facies corallien que M. Oster vient de publier. Ce calcaire jurassique est massif et le plus souvent sans stratification, ce qui fait qu'il est difficile de décider s'il y a concordance ou pas avec la formation supérieure. Sur certains points, il semble que les couches rouges ont exactement le même plongement que le calcaire jurassique, et lui ont succédé sans interruption dans le dépôt; mais, dans d'autres localités, il paraît évident qu'elles ont été déposées dans des dépressions provenant d'une dénudation antérieure du massif sous-jacent. Il faut donc admettre qu'il y a eu interruption

Digitized by Google

dans le dépôt, ce qui est déjà indiqué par l'absence du néocomien et des couches inférieures du calcaire rouge.

Classification. La question de l'âge de ce dépôt est devenue un sujet de controverse, à propos de la localité de Wimmis.

En 1855, M. C. Brunner, se fondant sur un fragment de l'espèce d'Inocérame qu'on y trouve, le plaça dans la craie supérieure[1]. En 1868, MM. Renevier[2] et de Fischer-Ooster[3] publièrent à peu près ensemble des travaux où il était question de ces couches, et se trouvèrent d'accord pour les ranger dans l'oxfordien, mais pour des raisons assez différentes, quant à l'interprétation de la stratigraphie de la localité. Ces publications amenèrent trois réponses simultanées. M. Bachmann[4], en réfutant les critiques de M. Renevier qui portaient sur d'autres parties de la carte géologique de la Suisse, maintint que tout ce que l'on connaissait de ces couches portait à les rapporter au calcaire de Seewen, et il s'appuya en cela sur l'opinion de MM. Merian et Hébert. M. Th. Studer[5], ayant étudié les foraminifères de ce calcaire, les trouva identiques à ceux que l'on connaît du calcaire de Seewen. De mon côté, j'avais écrit occasionnellement à M. Studer une lettre où je résumais en quelques mots ce que je savais sur la question, et qu'il voulut bien joindre aux travaux de ces Messieurs[6]. Je donnerai quelques développements de plus dans cette notice.

[1] Geogn. Beschreibung des Stockhorns, p. 18.

[2] Quelques observations sur les Alpes de la Suisse centrale. (Bulletin de la Société vaudoise, tome X, p. 32.

[3] Protozoe helvetica, tome I, p. 8.

[4] Mitth. der naturf. Gesellschaft in Bern, 1869, p. 172.

[5] Mitth. der naturf. Gesellschaft in Bern, 1869, p. 177.

[6] Mitth. der naturf. Gesellschaft in Bern, 1869, p. 174.

Digitized by Google

S'il est un point de départ incontestable dans la question, c'est la superposition des calcaires rouges au néocomien dans la chaîne du Stockhorn. On pourrait citer bien des endroits où, en montant sur un des flancs de la chaîne, après être parti du rhétien ou du lias on traversera la formation jurassique et, dans les hauteurs, le néocomien et le calcaire rouge, pour redescendre de l'autre côté en constatant la même série dans l'ordre inverse.

Le calcaire rouge du Simmenthal n'a pas une position stratigraphique aussi bien déterminée; mais si on cherche son équivalent dans la série du Stockhorn, qui est complète et régulière, on n'a pas un instant d'hésitation, on ne peut le paralléliser qu'avec les couches supérieures au néocomien. Il est identique au point de vue pétrographique, et diffère notablement sous ce rapport de tous les autres membres de la série. Quant aux restes organiques, je n'en connais absolument aucun qui puisse donner quelque doute sur cette assimilation. Il est vrai que les fossiles y sont bien rares, et ne nous disent que peu de chose sur l'âge des assises; mais ils sont les mêmes dans les deux chaînes. Voici ceux qui méritent une mention.

Dents de poissons. Après l'Inoceramus Brunneri, ce sont des dents de *Squalides* que l'on trouve le plus fréquemment; dans celles qui sont entièrement lisses la racine manque, en sorte qu'on ne peut pas même en faire une détermination générique. Une autre dent pourvue de dentelures régulières me paraît appartenir au genre *Carcharodon* Ag., dont les espèces connues ne se trouvent pas plus bas que la craie de Maestricht.

Bélemnites. On en trouve, vers la base seulement, des exemplaires mal conservés qui paraissent former deux

Digitized by Google

espèces et que je n'ai pas encore pu rapprocher de types connus.

Inoceramus Brunneri, Ooster. Ce fossile est celui que l'on rencontre le plus fréquemment dans les deux chaînes, mais toujours en fragments. Quelques-uns de ceux que j'ai recueillis sont de grande taille, mais ne sont pas meilleurs que ceux de M. Ooster et ne permettent pas de caractériser l'espèce.

Une *Serpule* très-grande et lisse.

Un *Foraminifère* visible à l'œil nu, probablement du genre *Nodosaria*.

Les calcaires blancs de la chaîne de la Berra ne ressemblent pas, pétrographiquement, à la craie supérieure des deux autres chaînes; cependant les schistes verdâtres et le banc de marnes noires à la base établissent pourtant une certaine analogie sous ce rapport. Ce qui est plus décisif pour autoriser un rapprochement, c'est la superposition de ces couches au néocomien et la présence de l'*Inoceramus Brunneri*. Les autres fossiles sont très-rares; mais ils sont mieux conservés et c'est dans cette chaîne que l'on peut espérer de trouver des matériaux de comparaison plus précis. Outre un *Aptychus* différent de ceux du néocomien et une huître, j'y ai rencontré un oursin dans lequel M. de Loriol vient de reconnaître une espèce sénonienne, le *Micraster breviporus*, Ag.

Ainsi que nous l'avons vu plus haut, MM. Renevier et de Fischer-Ooster ont émis une opinion différente sur l'âge des calcaires rouges du Simmenthal. M. Renevier a cru qu'ils sont inférieurs aux calcaires à fossiles de facies corallien; s'il avait eu le temps de suivre la limite des deux formations tout le long du Simmenthal, jusque dans les Alpes vaudoises, il n'aurait pas gardé longtemps cette

Digitized by Google

opinion. J'incline à croire que sur le point qu'il a visité, au-dessus de Wimmis, le calcaire rouge se trouve déposé dans une de ces dépressions du calcaire jurassique dont j'ai parlé p. 265, et que c'est ce qui l'a induit en erreur.

Quant aux fossiles, M. Renevier ne fait que des rapprochements sur lesquels il n'insistera plus quand il aura étudié les relations stratigraphiques des couches rouges qu'il indique lui-même dans beaucoup de localités. Il verra alors qu'il a confondu deux niveaux différents en assimilant, ainsi que M. de Fischer-Ooster, celles de Château-d'Oex, de la vallée du Petit Hongrin, de Vouvry, du lac de Taney, etc., à celles du Moléson et de la Dent de Lys.

M. de Fischer-Ooster est plus affirmatif quant aux fossiles; d'après les déterminations de M. Ooster, il y aurait à Wimmis les *Collyrites Friburgensis* et *capistrata* de l'oxfordien. Pour ma part, je sais bon gré à M. Ooster d'avoir figuré les exemplaires sur lesquels se base sa détermination, qu'il ne donne du reste point comme parfaitement sûre. Leur état de conservation est tel qu'il est permis de les envisager comme n'ayant aucune valeur dans une question controversée. M. de Fischer-Ooster cite encore des localités du Moléson et des Verraux, où l'*Inoceramus Brunneri* se trouverait en compagnie des fossiles du calcaire de Châtel. Je reviendrai sur cet argument en parlant de ces chaînes.

Le Moléson et les Verraux.

A l'ouest de la Sarine, la chaîne du Stockhorn se continue par le massif isolé du Moléson et par une ligne de montagnes escarpées, qui commencent à s'élever à l'est

Digitized by Google

de ce massif, et qui, après avoir couru au sud-ouest, tournent au sud et vont former une partie du magnifique encadrement de l'extrémité du lac Léman. Elles sont connues sous le nom de chaîne des Verraux.

Moléson.

Cette belle montagne a été décrite par M. Studer [1]. Une étude détaillée, avec les secours que nous fournit la paléontologie actuelle, ajoutera beaucoup à ce qu'il en dit; mais il n'y aura pas de rectification à faire à son exposé stratigraphique. Depuis lors cette montagne semble avoir été négligée longtemps par les géologues, car elle n'apparaît dans les ouvrages que pour donner son nom à la chaîne des Verraux, de laquelle elle est cependant distincte. Toutefois, en 1864, M. Bachmann en a étudié les roches au point de vue de l'économie alpestre [2], et naturellement il ne s'est que peu occupé de la détermination des formations. En 1865, et plus tard, M. de Fischer-Ooster nous a fait connaître les fossiles jurassiques qui y ont été trouvés par un collecteur [3], mais il paraît que celui-ci l'a induit en erreur sur le gisement; car les espèces toraciennes ne sauraient venir des couches supérieures de la montagne. Dans une course rapide, j'ai pu constater, en effet, que le Moléson présente en superposition naturelle, de la base au sommet, la série des formations que l'on trouve dans le reste de la chaîne du Stockhorn, et il n'y a pas le renversement général qu'admet

[1] Westl. Schweizer-Alpen, p. 349. — Geol. der Schweiz, tome II, p. 151 et 155.

[2] Jahresbericht des schweizerischen alpenwirthschaftlichen Vereins, 1865.

[3] Mittheilungen der Gesellschaft in Bern, 1865, p. 141.— Protozoe helvetica, tome I, p. 11.

Digitized by Google

M. de Fischer-Ooster, d'après les données de son collecteur.

Les subdivisions que j'ai à mentionner ici sont en montant :

1° La zone fossilifère du calcaire de Châtel, qui prend une teinte rouge, et qui est à jour sur beaucoup de points.

2° Le massif puissant de calcaire compact mentionné page 262. C'est dans cette division que l'on a été obligé de tailler le sentier qui du Planex conduit au sommet.

3° Le néocomien, qui est la formation la plus puissante ; il forme le cirque de Bonne-Fontaine, par lequel on arrive au point culminant.

C'est dans ce cirque que mes fils et mon neveu ont trouvé les fossiles suivants, qui appartiennent au néocomien alpin. J'omets les espèces douteuses.

Belemnites pistilliformis, Bl. variété *subfusiformis*, deux exemplaires.

— *bipartitus*, (Bl.) Cat., deux exemplaires.

Ammonites Astierianus, d'Orb. Variétés *renflées* et *discoïdales* à côtes nombreuses; deux exemplaires ont une partie de la bouche conservée. Six exemplaires.

Ammonites subfimbriatus, d'Orb. Un exemplaire.

— *Malbosi*, Pictet. Un exemplaire.

Aptychus Didayi, Coq. Deux exemplaires.

— *Mortilleti*, Pictet et de Lor. Deux exemplaires.

— *Noricus*, Winkler.

— *Serranonis*, Coq. Cette espèce n'a été décrite et figurée qu'imparfaitement par son auteur; je prends comme type la description et les figures de M. Pictet dans les Mélanges paléontologiques, p. 123, pl. 28, fig. 8 à 10. C'est à la figure 9 que ces exemplaires se rapportent le mieux. Six exemplaires.

Digitized by Google

Terebratula diphyoïdes, d'Orb. 5me variété. Pictet, Mélanges paléontologiques, p. 101, pl. 24, fig. 13. Deux exemplaires.

Au sommet même du Moléson, nous avons trouvé un Aptychus qui est différent des précédents, et qu'on rencontre aussi dans le reste de la chaîne du Stockhorn; c'est probablement une des nombreuses espèces décrites sans figures, par MM. Peters et Gumbel.

Je n'ai pas connaissance de l'existence de la craie supérieure dans le massif du Moléson; il est possible qu'un lambeau en ait été conservé dans les nombreux plis que le néocomien y forme.

Les Verraux.

Nous avons déjà un certain nombre de renseignements paléontologiques sur cette chaîne. Ceux de M. Colomb, contenus dans la lettre déjà citée, constatent la présence du néocomien et de différentes couches jurassiques sur le versant ouest. Du même côté, M. Renevier a surtout trouvé des fossiles oxfordiens [1]. Les renseignements les plus nombreux nous viennent de M. de Fischer-Ooster, qui donne des listes de fossiles appartenant au calcaire de Châtel, et recueillis à Hugonanche et à la Dent de Lys, sur le versant ouest, ainsi qu'à la Combe d'Allières sur le versant est [2]. Le même auteur cite aussi comme provenant de localités qui sont à la base de la chaîne, des pétrifications caractéristiques du rhétien [3]. Dans la Protozoe helvetica, M. Ooster en décrit deux autres du même étage, ainsi que des Zoophicos de deux niveaux des couches jurassi-

[1] Bulletin de la Société vaudoise, tome III, p. 138.
[2] Protozoe helvetica, vol. I, p. 10.
[3] Die rhätische Stufe. Mitth. der Berner Gesellschaft, 1869, p. 47 (17).

Digitized by Google

ques. Je dois enfin à l'obligeance de M. Merian d'avoir vu des séries de fossiles de ces régions, qu'il a acquis pour le Musée de Bâle, ce qui m'a permis de constater que les Verraux et le Moléson présentent absolument les mêmes faunes que le reste de la chaîne du Stockhorn.

Il y a quelques années, j'ai passé la chaîne des Verraux par le col de Jaman. Après avoir traversé la Baie de Montreux au-dessus des Avants, on monte sur la pente est du col, dans une série de strates jurassiques tout à fait semblables à celles du canton de Fribourg. Au col des blocs épars renferment les fossiles du calcaire de Châtel. Plus à l'est on redescend en traversant le néocomien, mais il est très-peu visible. A distance, la structure de la dent de Jaman ne m'a pas paru bien claire; en revanche je ne doute pas que la crête des rochers de Naye et leur versant est n'appartiennent au néocomien.

Quand on approche d'Allières, on entre dans le calcaire rouge de la craie supérieure, et on ne quitte pas ces couches jusqu'à Montbovon; le plongement est y est général, et elles reposent sur le néocomien qu'on a laissé dans la hauteur. Après avoir passé l'Hongrin, au nord de Montbovon, on retrouve à gauche de la route le néocomien assez riche en fossiles; j'y ai pris en passant :

Belemnites pistilliformis, Bl.
— *conicus*, Bl.

En continuant à suivre la route vers le nord, jusqu'au delà de Villars-sous-Mont, on est constamment à la limite du néocomien et de la craie supérieure; les tranchées et les affleurements naturels montrent tantôt l'une tantôt l'autre de ces formations. La vallée de la Sarine est ainsi tout à fait longitudinale dans cette partie de son cours. Au nord de Villars-sous-Mont, la zone de craie supérieure

Digitized by Google

ne se trouve bientôt plus que sur la rive droite de la rivière; d'Estavanens elle prend la direction du nord-est, pour aller passer entre les deux sommets néocomiens de la Dent de Bourgoz et de Leytemarie.

Si l'on joint ces données à celles des auteurs mentionnés ci-dessus, on aura une idée générale de la structure de la chaîne des Verraux. Le versant ouest présente la tranche des couches de toute la série des formations du rhétien au néocomien, ce dernier étage couronnant ordinairement l'arête souvent inaccessible de ce côté-là. Dans les cols qui séparent les points culminants, le néocomien manque par dénudation; mais on le trouve en descendant sur le flanc est, et après l'avoir traversé on passe dans la craie supérieure.

En faisant ainsi une course de profil de l'ouest à l'est, on trouvera deux zones de niveaux très-différents, où la teinte rouge se présentera. La première est celle du calcaire de Châtel, qui est surtout du côté de l'ouest; elle est peu puissante. La seconde est celle de la craie supérieure, que nous avons suivie dans la vallée de l'Hongrin et de la Sarine, et qui ne peut guère se trouver que sur le flanc est. Pour passer de l'une à l'autre, on aura à traverser la partie supérieure du calcaire de Châtel, à peu près sans fossiles, et tout le néocomien qui est très-puissant.

Ces deux zones, si distinctes par leur position stratigraphique, ne peuvent guère non plus être confondues quand on les voit sur des affleurements de quelque étendue. On pourrait, il est vrai, y recueillir facilement des échantillons identiques de roches; mais celle du calcaire de Châtel se distingue toujours par son peu de puissance et par sa structure grumeleuse, qui est toujours très-nette à la sur-

Digitized by Google

face des bancs, et qu'on ne rencontre jamais dans le calcaire rouge de la craie supérieure.

C'est au Moléson et aux Verraux que se trouvent six localités dont M. de Fischer-Ooster nous donne des listes de fossiles [1]. Les espèces citées montrent que ces stations appartiennent toutes au calcaire de Châtel. Moléson, Mifoiry, Tremettaz sont dans le massif du Moléson; Hugonanche et Dent de Lys sont sur le versant ouest de de la chaîne des Verraux; la combe d'Allières est vers le haut de la chaîne sur le versant est; cette dernière localité indique que la zone inférieure de calcaire rouge vient aussi à jour de ce côté. Dans trois de ces endroits, M. de Fischer-Ooster admet la présence de l'*Inoceramus Brunneri*, Ooster, et c'est là son principal argument pour montrer que les assises de Wimmis, qui ont fourni les exemplaires originaux de l'espèce, appartiennent à l'oxfordien.

Dans le même ouvrage, M. Ooster donne une description et des figures des exemplaires de Tremettaz et du Moléson [2]. Tout ce que je puis dire à cet égard, c'est que je ne crois guère à l'identité spécifique de ces fossiles et de l'Inocérame de Wimmis. Si l'on parvenait à la démontrer, il faudrait admettre, en même temps, que l'espèce a vécu depuis le dépôt de l'oxfordien jusque vers la fin de l'époque crétacée. Si je dis depuis l'oxfordien, c'est que M. Ooster cite aussi l'espèce des assises à ciment qui sont inférieures au calcaire de Châtel, et plus certainement oxfordiennes que ce dernier.

Quant à la localité de la combe d'Allières, elle ne doit pas être bien loin de la zone de calcaire rouge de la craie

[1] Protozoe helvetica, tome I, p. 10.
[2] Protozoe helvetica, tome I, p. 39, pl. 13, fig. 7 et 8.

Digitized by Google

que j'ai mentionnée; il est fort possible que le collecteur ait trouvé les Inocérames dans cette dernière couche, et que ce soient les mêmes que ceux de Wimmis[1]. Si sur ce point le calcaire de Châtel et la craie supérieure se touchent de manière à ce qu'on soit tenté de croire qu'ils appartiennent au même niveau, c'est un fait qui n'aurait rien d'étonnant dans les Alpes. Mais je puis ajouter que je n'en connais point d'analogue dans la partie de la chaîne du Stockhorn que j'ai étudiée. Partout le néocomien y sépare les deux calcaires rouges.

Nord du Chablais.

Le niveau approximatif des calcaires rouges étant démontré par les faits rapportés dans les lignes qui précèdent, je passe aux chaînes septentrionales du Chablais, où nous retrouverons ces couches reposant aussi tantôt sur le Jura, tantôt sur le néocomien.

Ainsi que je l'ai déjà dit, je n'ai point visité moi-même cette région. J'y ai envoyé, l'été dernier, mes fils et mon neveu qui, sans être des géologues, sont familiarisés avec les formations en question, et ont acquis un certain coup d'œil pratique, de même que l'expérience des courses de montagnes.

Je rapporterai leurs observations, auxquelles ils ont employé plusieurs jours, en ne me servant que des noms qui sont marqués sur la carte de M. Favre [2].

Partis de Vouvry, dans le Bas-Valais, ils ont passé par Miex, Taney, le mont Vilan, le Château d'Oche, la Dent

[1] C'est ce qu'admet M. Bachmann en mentionnant cette découverte : Mitth. der Gesell. in Bern, 1869, p. 189.

[2] Carte géologique des parties de la Savoie, etc.

Digitized by Google

d'Oche, les Neuves, la pointe de Boury, Mémise et la Joux. Je suivrai cet itinéraire dans mon exposé.

Entre Vouvry et Miex, on remarque dans les éboulis des fragments de calcaires schisteux rouges et verdâtres de la craie supérieure, et près de Miex on en trouve bientôt les couches en place. On les voit encore mieux au nord-est du village, où elles reposent sur des assises probablement jurassiques, et plongent au sud pour aller passer sous le flysch.

Dans les pâturages de Taney, on rencontre une seconde zone de craie supérieure, sur laquelle on marche constamment en remontant la vallée. Quand on arrive sous Loveney, on atteint un calcaire inférieur sans stratification et couvert de lapias ; il s'y trouve des Bélemnites en assez grand nombre, mais elles sont difficiles à extraire à cause de la dureté de la roche. La craie supérieure continue du reste à se montrer dans le fond de la vallée. Mes observateurs ont jugé qu'elle forme aussi la masse principale des Cornettes de Bise, c'est-à-dire de la sommité la plus élevée de la contrée. Je ne mentionnerais pas cette observation, qui n'a été faite qu'à distance, si elle n'était pas appuyée par la description et le profil que M. Ph. Delaharpe a donné du col de Vernaz [1], au sud des Cornettes. En effet, les coupes kimméridiennes, décrites dans ce travail, s'accordent tout à fait avec celles qu'on observe dans le Simmenthal, et il n'est pas douteux que la série de couches qui s'appuie sur les Cornettes ne soit renversée, ainsi que l'admet M. Delaharpe ; par conséquent, les schistes gris veinés de rose, qui sont indiqués comme plongeant dessous, peuvent bien être les couches que j'appelle craie supérieure. Au premier abord,

[1] Bulletin de la Société vaudoise, tome IV, p. 304.

Digitized by Google

cette manière de voir est en contradiction avec celle de M. Favre[1], qui cite l'*Ammonites plicatilis* de la Cornette de Bise. Mais ailleurs[2], le même auteur donne une coupe de la partie occidentale de la montagne, d'après laquelle on y trouve la série jurassique inférieure dans l'ordre normal, à partir de l'oxfordien. On peut se demander si l'*Ammonites plicatilis* ne vient pas de cet oxfordien, et non des couches supérieures. S'il en est ainsi, les divergences d'opinion se trouveraient conciliées, et il faudrait admettre que les assises rouges sont repliées en U.

Quoi qu'il en soit, la craie supérieure du vallon de Taney se continue au sud du mont Vilan. M. Favre l'a envisagée comme macignoalpin, tout en avertissant qu'il n'y a pas trouvé de fucoïdes[3]. Il y mentionne des schistes noirs, ce qui peut faire penser que les couches inférieures de la formation y sont représentées ; or ce n'est pas ordinairement le cas dans le canton de Fribourg lorsqu'elle repose sur les assises jurassiques. En montant au mont Vilan, par le seul point où les couches soient bien à jour, mes observateurs n'ont trouvé que des fragments de fossiles indéterminables, et nulle trace d'une roche qui rappelle le néocomien. Sur le flanc nord, ils ont observé des couches analogues à celles qui sont sous les schistes à charbon dans le Simmenthal, puis la cargneule que M. Favre indique dans le profil cité.

Leurs recherches n'ont pas été plus fructueuses sur les deux pentes du Château d'Oche ; du côté sud, on rencontre des fragments de charbon, mais ils ne paraissent pas y former une couche continue et accompagnée

[1] Rech. géolog. en Savoie, tome II, p. 97.
[2] Rech. géolog. en Savoie, tome II, p. 107.
[3] Rech. géolog. etc., vol. II, p. 115. Atlas, pl. 7, fig. 2.

Digitized by Google

de fossiles, comme dans le Simmenthal et au col de la Vernaz.

Entre le Château et la Dent d'Oche, se trouve une nouvelle zone de craie supérieure, de laquelle mes observateurs ont rapporté un assez grand fragment de l'*Inoceramus Brunneri*, Ooster. Dans son profil, M. Favre la marque comme macignoalpine, ainsi qu'il l'a fait dans beaucoup d'endroits où cette couche se rencontre avec ou sans les schistes à fucoïdes. Ici il existe un lambeau de ces derniers, qui se montre dans l'auge crétacée, au col qui sépare les deux sommités. A la limite du calcaire rouge et du calcaire gris clair du massif de la Dent d'Oche, on n'observe point de schistes noirs; ils n'y ont pas été déposés ou sont restés dans la profondeur lors du soulèvement.

En partant des chalets qui sont au sud de la Dent d'Oche pour monter au sommet, on ne trouve que de mauvais fossiles, même quand on a quitté la craie supérieure; la roche est la même qu'au mont Vilan. Le versant sud, qui montre des couches inférieures, est plus riche; nous en avons quelques fossiles déterminables qui sont jurassiques.

Ainsi dans la région que nous venons de parcourir, il n'a pas été trouvé de traces du néocomien; mais la craie supérieure y forme plusieurs zones et elle y repose sur des couches jurassiques. Ces montagnes correspondent à la chaîne du Simmenthal, ainsi que l'admettent tous les géologues qui les ont étudiées.

Mais à partir du pied nord de la Dent d'Oche, nous passons dans un système différent. En effet, après avoir monté un peu du côté des Neuves, on arrive à des couches néocomiennes identiques à celles de la chaîne du

Digitized by Google

Stockhorn ; ce sont des calcaires en bancs minces, à pâte fine, de teintes variant du blanc au gris foncé ou olivâtre, panachées de taches noirâtres confluant avec la teinte générale; il y a aussi des bancs sableux. Les fossiles suivants ont été trouvés dans ces assises ; d'autres sont trop mal conservés pour qu'on puisse leur donner un nom.

Belemnites pistilliformis, Bl., variété subfusiformis.
— *minaret*, Raspail.
— *bipartitus*, (Bl.) Cat.
— *Orbignyanus*, Duval-Jouve.
Aptychus Didayi, Coq.
— *angulicostatus*, Pet. Jahrb. der K. K. geol. Reichsanst., 1854, p. 441. Winkler, Verstein. aus dem bayer. Alpengebiet, p. 30, pl. 4, fig. 17. Cette espèce me paraît différente de l'*A. angulicostatus*, Pict. et de Lor., que Winkler envisage comme synonyme de l'espèce de Peters.
— *Serranonis*, Coq.

En passant par la partie ouest des Neuves et en allant au nord, on rencontre un petit vallon, où mes observateurs ont cru reconnaître du flysch à fucoïdes dans le lit d'un ruisseau ; il repose sur la craie supérieure qui couvre le flanc sud de la Pointe de Boury. En passant à l'ouest de cette sommité, on traverse le néocomien, et on trouve sur le flanc nord la zone fossilifère du calcaire de Châtel, tout à fait semblable à celle du Moléson ; la teinte rouge s'y montre aussi et les fossiles n'y sont pas rares.

En approchant de l'arête de Mémise, mes observateurs ont encore remarqué du flysch, et en descendant la pente rapide au-dessus de la Joux, ils ont suivi une coupe que

Digitized by Google

M. Favre a décrite en détail[1]. Nous ne différons que pour l'âge des couches supérieures. Le n° 1 de M. Favre est ce que j'appelle la craie supérieure, les numéros 2 et 3 forment le passage au néocomien, le numéro 4 est le néocomien alpin, comme le montrent les fossiles que je vais citer. Pour les numéros 5 et 6 nous sommes d'accord avec M. Favre; on trouve à la base du premier la zone fossilifère du calcaire de Châtel, l'*Amm. tortisulcatus* d'Orb. y est particulièrement fréquente; il paraît que sur ce point la teinte rouge manque, comme cela arrive assez souvent dans la chaîne du Stockhorn.

Les fossiles recueillis dans le néocomien (n° 4) sont les suivants :

Belemnites pistilliformis, Bl. Actinocamax incomplet.

— sp. nov.? assez fréquente dans le néocomien du canton de Fribourg.

Ammonites Rouyanus, d'Orb.

Aptychus angulicostatus, Pict. et de Lor.

— *Serranonis*, Coq. Exemplaire identique à celui qui est figuré dans Pictet, Mélanges paléont., t. I, pl. 28, fig. 10.

Les deux coupes de la Pointe de Boury et de la Joux sont très-instructives. Elles montrent toutes deux le passage des couches jurassiques aux crétacées, et on peut les recommander à l'attention des géologues qui seraient en mesure d'exploiter ces localités en y mettant beaucoup de temps; ils pourront y recueillir des documents fort utiles pour la solution d'une des questions les plus intéressantes dans les études géologiques actuelles. Ensuite ces coupes montrent que le calcaire rouge supérieur est bien séparé du calcaire de Châtel par le néocomien. Celle

[1] Rech. géolog. etc., vol. II, p. 116. Atlas, pl. 7, fig. 2.

Digitized by Google

de la Pointe de Boury sera surtout propre à convaincre les géologues qui attachent de l'importance à la teinte rouge, commune aux deux couches si différentes du reste.

Il faut ici remarquer qu'aussi longtemps qu'on ne trouvait pas de fossiles dans le néocomien mentionné, il ne pouvait venir à l'esprit de le classer ailleurs que dans le kimméridien, comme l'a fait M. Favre. Dès que le calcaire de Châtel était regardé, non sans motifs, comme oxfordien, on était naturellement porté à mettre dans le kimméridien les assises qui le surmontent, puisqu'on a ce dernier étage très-puissant dans les montagnes qui sont à une petite distance au sud.

La constance avec laquelle tous les terrains se présentent quand on suit une même chaîne, de l'Aar dans le Chablais, permet d'admettre que le néocomien alpin n'est pas borné aux points où nous venons d'en constater la présence. La lecture de l'ouvrage de M. Favre ne me laisse pas de doute qu'il ne se trouve aussi dans les massifs de Niflon, de Billiat et de Sur les Monts, et cela dans la même position stratigraphique qu'au nord de la Dent d'Oche. Il me paraît encore probable qu'on le retrouvera, peut-être avec la craie supérieure, dans la coupe de la base du Môle[1], sur d'autres points que celui que M. Favre a signalé. Si cette supposition se vérifiait, cette coupe pourrait bien être, sinon plus simple, du moins plus facile à expliquer.

Quant aux couches rouges de la craie supérieure, elles me paraissent avoir dans le Chablais une extension encore plus grande. Elles y recouvrent non-seulement le néocomien, mais encore le kimméridien ; c'est ce qui me paraît résulter de beaucoup de profils de M. Favre, particulière-

[1] Rech. géolog. etc., vol. I, p. 438. Atlas, pl. 5, fig. 1.

Digitized by Google

ment de celui du Mont Chauffé[1]. Partout elles se montrent surmontées par le flysch, ce qui explique qu'on les ait jointes à cette formation, avec laquelle elles ont une certaine analogie pétrographique.

REMARQUES GÉNÉRALES.

1° A l'exception du Montsalvens, les montagnes dont il est question dans ce travail nous offrent le type pur du néocomien alpin, qui, comme on le sait, est bien différent par sa faune du néocomien des contrées hors des Alpes. Cette disparité paléontologique frappe d'autant plus dans la chaîne du Stockhorn qu'elle n'est pas à 10 lieues de Neuchâtel, et que, si on s'éloigne davantage de cette ville pour aller dans la haute chaîne des Alpes bernoises, on y trouve le néocomien avec une faune moins différente de celle de la localité type. L'étude des couches sous-jacentes a aussi montré que, dans les Alpes et les Carpathes, le néocomien alpin pur n'a pas succédé aux mêmes faunes que l'autre, et la question de sa limite inférieure a suscité de nombreux travaux qui ne sont pas encore arrivés à leur terme, mais desquels il semble résulter qu'il n'y a pas de limite absolue entre les périodes jurassique et crétacée[2]. J'espère avoir bientôt l'occasion de faire connaître les documents que les Alpes de Fribourg peuvent fournir sur ce point.

2° Quant aux formations qui ont succédé au néocomien alpin, notre région ne présente pas moins de différence quand on la compare à d'autres. On n'y trouve pas les étages qui ont été facilement distingués ailleurs, aussi

[1] Rech. géolog. etc., vol. II, p. 98. Atlas, pl. 7, fig. 5.

[2] L'état de la question a été résumé dernièrement par M. Pictet : Actes de la Société helvétique. Soleure, 1869.

Digitized by Google

bien dans les Alpes qu'en dehors de cette chaîne. Il n'y a rien qui rappelle l'urgonien, l'aptien, le grès vert, etc. Et cependant on ne trouve rien non plus qui indique une interruption dans la succession du dépôt, et je crois avoir vu la limite supérieure du néocomien sur un assez grand nombre de points, pour pouvoir affirmer que le passage aux couches supérieures est insensible. Ce serait cependant tirer des faits étudiés une conclusion trop absolue que de dire que les assises que j'ai appelées craie supérieure ne pourront être divisées plus tard. Des recherches plus heureuses que les miennes amèneront peut-être à démembrer cette formation, surtout à sa base; mais il ne me semble pas que l'on puisse arriver à y reconnaître des subdivisions qui correspondent point pour point à celles que nous nous sommes habitués à voir figurer dans nos tableaux des formations. C'est à cette région des Alpes que l'on peut appliquer surtout ce que M. Pierre Merian dit sur nos divisions géologiques : « Il est presque hors de doute que si la géologie s'était développée dans d'autres contrées que l'Allemagne, l'Angleterre et la France, les limites des terrains auraient été établies d'une manière différente [1]. »

3° Le parallélisme des calcaires rouges et verdâtres avec le calcaire de Seewen ne peut être admis que dans une certaine mesure, parce qu'il serait trop restreint. En effet, en Suisse et en Bavière, le calcaire de Seewen fait partie d'une série plus compliquée ; il succède à l'urgonien et au gault, tandis que dans notre district ces formations n'ont pas été reconnues, et que nous sommes obligés d'en chercher l'équivalent dans le calcaire rouge, aussi longtemps que des faits positifs ne nous forcent pas de le

[1] Ueber die Grenze zwischen Jura- und Kreideformation, 1868, p. 10.

Digitized by Google

reconnaître dans la partie supérieure du néocomien alpin.

4° Dans la chaîne de la Berra, on trouve une assise contenant des nummulites. Ce n'est qu'au-dessus de Corbières qu'on la voit en place, sur un très-petit espace et avec quelques mètres de puissance seulement; elle est en liaison avec la craie supérieure, mais il n'est pas possible d'en déterminer la position stratigraphique d'une manière rigoureuse. Ailleurs je n'ai trouvé que sur quelques points des fragments de la roche qui la compose. C'est un conglomérat de débris de roches cristallines variées, plus ou moins disséminées dans une pâte d'un calcaire blanc, identique à celui qui forme la masse principale de la craie supérieure. Il n'est guère possible de mettre en parallèle cette assise avec la puissante formation nummulitique des Alpes; il semble au contraire plus naturel de la joindre à la craie supérieure dont elle ne diffère que par la présence des galets cristallins. Faudrait-il peut-être y voir un analogue de la craie contenant des nummulites, que M. O. Fraas a signalée en Palestine[1]?

Partout ailleurs, dans le Chablais et dans le canton de Fribourg, quand on trouve des couches surmontant la craie supérieure, elles appartiennent au flysch. La limite des deux formations est rarement à jour, aussi je ne puis affirmer que l'une ait succédé à l'autre sans interruption dans le dépôt. Cela me paraît cependant probable. C'est le flysch avec ses fucoïdes caractéristiques, que l'on trouve tout le long de la zone de calcaire rouge qui commence à Wimmis et se prolonge jusque dans le canton de Vaud. Dans l'intérieur de la chaîne du Simmenthal, il y a une seconde zone de calcaire rouge; elle est aussi accompagnée de flysch. Dans la chaîne du Stock-

[1] Aus dem Orient, p. 83.

Digitized by Google

horn, où la craie supérieure est ordinairement le dernier membre de la série des formations, il s'est cependant rencontré un lambeau de flysch au-dessus, et mes fils en ont trouvé d'autres occupant la même position dans le Chablais. Si d'autres faits ne viennent pas modifier les résultats qu'il semble qu'on peut tirer provisoirement de ces observations, nous aurions dans notre district, pour la craie et le commencement des dépôts tertiaires, une série de formations non interrompues qui serait fort simple et dans laquelle on ne distinguerait que trois membres : néocomien alpin, craie supérieure et flysch.

Résumé.

1° Les terrains crétacés existent avec une puissance considérable et sur de grands espaces dans les chaînes antérieures des Alpes, entre l'Aar et le lac Léman, et ils continuent à se montrer avec les mêmes caractères, dans les montagnes du nord du Chablais.

2° Pour le moment on n'y peut distinguer que deux terrains : le néocomien alpin et une division supérieure qui représente probablement le reste des formations crétacées.

3° Dans la chaîne de la Berra, il y a dans le néocomien des couches intercalées qui ont une faune étrangère au facies alpin. Ailleurs ce mélange ne paraît pas exister.

4° Le néocomien alpin ne se trouve que dans les chaînes du Stockhorn et de la Berra et leurs continuations, tandis que la division supérieure de la craie est développée en outre dans la chaîne du Simmenthal et sa continuation au delà du Rhône.

Digitized by Google

NOTICE

SUR

LE RADICAL DE L'ACIDE PHTALIQUE

Par M. E. ADOR.

C'est à Wislicenus que l'on doit la méthode d'enlever l'iode des iodures organiques par l'argent métallique tel qu'on l'obtient par la réduction du chlorure par le zinc et l'acide chlorhydrique. Ayant entrepris d'après le conseil du professeur A. Baeyer, l'étude du radical de l'acide phtalique, j'ai trouvé que cette réaction s'appliquait aussi aux chlorures des acides phtalique, benzoïque, succinique et autres, réaction que je me réserve d'étudier.

Le chlorure de l'acide phtalique préparé en chauffant à l'ébullition pendant quatre ou cinq jours de l'acide phtalique avec une quantité calculée de perchlorure de phosphore, distillant l'oxychlorure de phosphore et chassant l'excès de perchlorure par un courant d'acide carbonique, en maintenant la température à 185°, est obtenu par distillation à feu nu à l'état de liquide incolore, qui laisse au bout de quelques jours déposer de beaux cristaux d'acide phtalique anhydre; on décante et ajoute l'argent par petites quantités en ayant soin de refroidir le flacon. La réaction est très-vive, on chauffe ensuite pendant quelques heures à 150° et traite par l'eau bouillante, pour ôter l'acide phtalique anhydre dont il s'est reformé environ 30 °/₀, puis par l'alcool à chaud qui dissout une

Digitized by Google

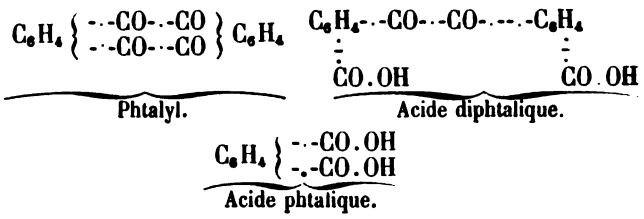
petite quantité d'un acide fondant à basse température non encore étudié. Le résidu renferme le radical de l'acide phtalique, l'acide triphtalique et un troisième corps qui se carbonise par la chaleur et est décomposé par une lessive de soude diluée ; ce résidu séché est introduit dans un tube à combustion et chauffé dans un courant d'acide carbonique. On obtient ainsi un sublimé d'une couleur orange rouge composé de feuilles ayant beaucoup d'analogie avec celles de l'anthracen. Une lessive de soude dissout l'acide triphtalique qui est précipité par l'acide chlorhydrique sous forme de poudre cristalline blanche, presque insoluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool et l'éther. Cet acide fond au-dessus de 300° et s'oxyde facilement; sa formule est $C_{24}H_{14}O_8$. Le résidu est dissout à chaud dans l'acide phénique ajouté d'un peu d'alcool ; le phtalyl cristallise par refroidissement sous forme de belles aiguilles jaunâtres qu'on parvient à décolorer par plusieurs cristallisations successives. L'analyse a donné la formule $C_8H_4O_2$. Le phtalyl est insoluble dans l'eau ; l'alcool, l'éther, le chloroforme, l'acétone, le sulfure de carbone, l'acide acétique et les carbures d'hydrogène n'en dissolvent que de très-petites quantités ; l'acide phénique seul, bouillant, est un bon dissolvant; il sublime à haute température sous forme de feuilles jaunâtres ; le brome, l'acide sulfurique l'attaquent. Le sodium donne un produit de réduction lorsqu'on le fait agir sur le phtalyl en suspension dans l'alcool ; l'acide nitrique concentré l'attaque facilement à chaud et donne sans produits secondaires un nouvel acide dont la composition est $C_{16}H_{10}O_6$. L'acide diphtalique est une poudre cristalline blanche, peu soluble dans l'eau, fondant à 259° et se décomposant à cette température, en donnant de l'acide phtalique anhy-

Digitized by Google

dre; le sel d'argent cristallise en aiguilles solubles dans l'eau. Le sel de baryte est très-soluble; ceux de plomb et de cuivre sont des précipités blancs, volumineux, insolubles dans l'eau.

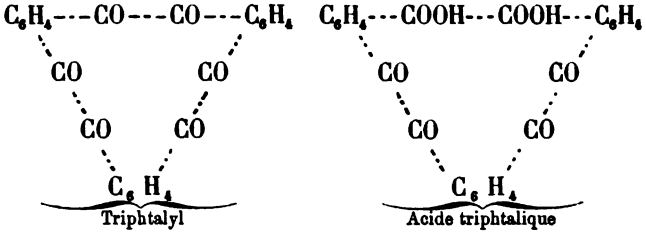
Pour les acides monobasiques, la formation du radical ne peut avoir lieu que d'une seule manière déterminée; pour les acides bibasiques, au contraire, il y a un nombre illimité de possibilités, parce qu'un nombre indéterminé de molécules peuvent s'enchaîner les unes aux autres, chacune par un CO. Pour reconnaître combien de molécules d'acide ont pris part à la formation du radical, le meilleur moyen serait une détermination de la densité des vapeurs; malheureusement le phtalyl est peu volatil et se décompose un peu à la haute température à laquelle il sublime; il ne reste donc qu'à étudier les produits de décomposition et cette voix paraît devoir conduire au but. — En effet, en oxydant le phtalyl par l'acide nitrique, on obtient d'abord de l'acide diphtalique qui se déduit de deux molécules d'acide phtalique et ensuite en continuant l'opération de l'acide phtalique. Il faut donc admettre au moins pour le phtalyl la formule $C_6H_4\left\{\begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}\right)_2$. L'étude de l'acide triphtalique qui se trouve dans le produit brut de la sublimation montrera s'il se déduit du phtalyl ou s'il est un corps à part; je ne puis encore rien assurer sous ce rapport; il me semble probable cependant qu'il se forme du phtalyl par addition de 2 (HO) sous l'influence d'une lessive de soude. Dans le premier cas le phtalyl proviendrait de 3 molécules d'acide, admettons provisoirement le second, les relations en seront plus claires; on a :

Digitized by Google

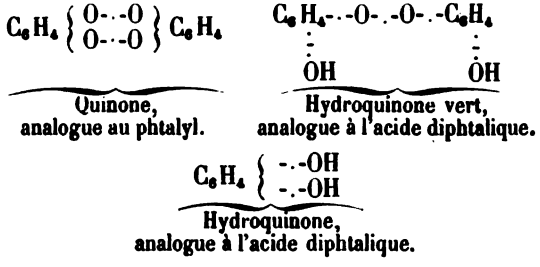


Par oxydation une paire des CO se sépare et il s'ajoute OH à chacun d'eux, la même réaction a de nouveau lieu pour l'acide diphtalique ainsi formé et l'on obtient enfin 2 molécules d'acide phtalique.

Si l'étude de l'acide triphtalique montre qu'il est un produit de décomposition du phtalyl, un hydrate de ce corps, il doit alors dériver des 3 molécules d'acide phtalique, on aura :



Dans la séance du 23 mai de la Société allemande de chimie, à Berlin, j'avais cru pouvoir tirer un parallèle entre le phtalyl et le quinone en déduisant ce dernier de 2 molécules de benzine, seulement dans ce cas c'était une réduction et non une oxydation.



Digitized by Google

Le professeur A.-W. Hofmann, curieux de vérifier cette hypothèse, détermina la densité des vapeurs du quinone et annonça dans la séance suivante qu'elle était normale, établissant ainsi d'une manière presque certaine l'exactitude de la formule simple de Frœbes, $C_6H_4\left\{\begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}\right>$. L'analogie cependant avec le phtalyl peut encore subsister si l'on donne à ce dernier aussi la formule simple $C_6H_4\left\{\begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}\right>$, l'acide diphtalique ne serait plus alors un produit de décomposition, mais de condensation, au moment où les CO se séparent, 2 molécules se soudent ensemble.

$$\underbrace{C_6H_4\left\{\begin{matrix}O\cdot\cdot\text{—}\cdot\cdot O\\O(H)(H)O\end{matrix}\right\}C_6H_4}_{\text{Hydroquinone vert.}} \qquad \underbrace{C_6H_4\left\{\begin{matrix}CO\cdot\cdot\text{—}\cdot\cdot CO\\CO(OH)\ \ CO(OH)\end{matrix}\right\}C_6H_4}_{\text{Acide diphtalique.}}$$

Digitized by Google

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

Prof. Rodolphe Wolf. Sur quelques publications récentes.

Nous allons présenter ici un compte rendu sommaire des dernières publications de M. Wolf, directeur de l'observatoire de Zurich, pour faire suite aux précédents déjà insérés dans nos *Archives*, et en particulier à la Notice qui a paru dans le Bulletin du cahier de novembre 1868 [1].

Le n° 25 des *Astronomische Mittheilungen* de M. Wolf, publié en novembre 1869, comprend, en 53 pages in-8°, diverses communications intéressantes.

La première est relative aux observations de taches du Soleil faites en 1868, soit à Zurich par M. Wolf et son adjoint, M. Meyer, en 273 jours de cette année-là, soit par MM. Schwabe à Dessau, Weber à Peckeloh, et Schmidt à Athènes, de manière à ne laisser que 21 jours de la dite année sans observations, par le fait d'un temps couvert. Il n'y a eu, dans les 345 jours d'observations, que 32 jours où le Soleil ait paru sans taches, tandis qu'il y en avait eu 216 en 1867. Il n'y avait eu que 25 groupes de taches en 1867, tandis qu'il y en a eu 101 en 1868. M. Wolf estime que l'époque du dernier *minimum* a été : 1867, 2±0,2 ; le précédent avait eu lieu en 1856, 2 : ce qui donne une période de 11 ans, bien rapprochée de celle de 11 $^1/_9$ ans, obtenue déjà, depuis un certain temps, par M. Wolf, d'après l'ensemble de ses recherches persévérantes sur ce point. Les observations de 1869, dont il a déjà publié les résultats (soit dans le n° 1800 des *Astr. Nachrichten*, soit dans un tableau des six dernières années d'observations, dressé par lui, et qui a paru dans le numéro d'avril

[1] Tome XXXIII, p. 242.

Digitized by Google

1870 des *Monthly Notices* de la Société astronomique de Londres), ne donnent pour 1869 que 3 jours sans taches sur 339 jours d'observations. On voit donc que nous approchons rapidement d'un nouveau *maximum* de taches, qui aura lieu probablement en 1870, ou au commencement de 1871.

D'après l'intime connexion, assez mystérieuse encore, qui existe entre le phénomène des taches du Soleil et les variations diurnes de la déclinaison magnétique terrestre, M. Wolf a, depuis plusieurs années, établi des formules empiriques, qui servent à déduire la moyenne annuelle de ces dernières, pour quelques stations où l'on fait des observations de ce genre, d'après la moyenne correspondant au nombre relatif des taches ; et il obtient, en général, un accord remarquable entre les valeurs résultant de ces formules et celles provenant de l'observation directe. Cela lui permet d'assigner à l'avance, d'après la marche des taches dans une année, la déclinaison magnétique moyenne qui y correspond.

M. Wolf, dans le Fascicule dont nous nous occupons, passe, de ce qui concerne les taches du Soleil, à une recherche astronomique récente d'un tout autre genre, qui le conduit à un résultat nouveau de quelque importance.

A l'occasion de la détermination télégraphique de la différence de longitude entre les observatoires de Neuchâtel et de Zurich, MM. Hirsch et Wolf avaient trouvé, par des observations alternatives au cercle-méridien de Neuchâtel, que le premier observait en moyenne l'instant des passages d'étoiles environ $^1/_6$ de seconde plus tard que le second. Dans une série d'observations postérieures, faites à Neuchâtel, la différence était dans le même sens, mais seulement d'un 10e de seconde de temps. Des comparaisons du même genre, faites par des observations d'étoiles artificielles, leur avaient donné une différence moyenne analogue d'un 15e de seconde seulement. Enfin, des observations comparatives, faites par eux avec le cercle-méridien de l'Observatoire de Zurich, leur avaient

Digitized by Google

donné une faible différence en sens contraire; de sorte qu'à Zurich, M. Hirsch observait les instants des passages d'étoiles au méridien plus tôt que M. Wolf d'environ un 20e de seconde.

De pareilles discordances d'équations personnelles, entre des observateurs bien exercés, quoique portant sur de faibles quantités, méritaient un examen approfondi; et M. Wolf s'y est livré de la manière suivante, avec son adjoint M. Weilenmann.

Il a, d'abord, déterminé avec soin les intervalles moyens en temps des instants des passages aux 21 fils du réticule de la lunette, de 54 lignes d'ouverture, du cercle-méridien de son Observatoire, construit par Kern, d'Aarau, et en a construit un tableau général, correspondant aux diverses déclinaisons. Il a, ensuite, comparé de nombreuses séries d'observations de passages d'étoiles, faites avec cet instrument par son adjoint et par lui, de 1867 à 1869, en diverses positions de l'oculaire de la lunette, et dans l'une et l'autre direction de l'éclairage des fils, les deux astronomes alternant entre eux pour observer les étoiles aux premiers ou aux derniers fils du réticule. M. Wolf rapporte en détail le résultat des observations faites dans ces circonstances diverses, et en déduit les conséquences suivantes :

La moyenne générale des observations de chacune des trois années n'indique pas une différence appréciable dans les résultats obtenus par MM. Wolf et Weilenmann; mais il suffit que l'oculaire ait été légèrement avancé ou reculé, relativement à sa position normale, pour qu'il y ait eu dans leurs déterminations des instants des passages des différences de 2, 3 et jusqu'à 4 dixièmes de seconde de temps. Ces différences ont eu lieu en sens contraire, suivant que l'éclairage des fils était du côté de l'est ou de l'ouest, ou que la culmination était supérieure ou inférieure; elles disparaissaient dans les observations faites de jour, et auraient probablement disparu aussi avec un éclairage qui aurait eu lieu des deux

Digitized by Google

côtés de l'axe optique de la lunette. Elles s'annulaient de même quand chaque observateur ajustait à l'avance l'oculaire à sa vue.

Ces résultats font comprendre comment MM. Hirsch et Wolf ont pu avoir une équation personnelle de signe différent à Neuchâtel et à Zurich, la lunette, dans le premier de ces Observatoires, étant ordinairement ajustée à la vue de M. Hirsch, et dans le second à celle de M. Wolf. Ils mettent sur la voie de prévenir bien des différences de ce genre, par un ajustement exact de l'oculaire à la vue de chaque observateur.

M. Wolf a encore inséré, dans le n° 25 de ses Communications, un mémoire de son adjoint M. Weilenmann, sur les réfractions astronomiques, qui fait suite à un précédent publié dans le n° 24. Nous ne pouvons entrer ici dans l'exposition de ce travail. Nous nous bornerons à dire que la formule à laquelle l'auteur est parvenu lui paraît plus simple, et fondée sur moins d'hypothèses que celle de Bessel; que d'ailleurs ses résultats s'accordent bien avec ceux de cet astronome, et que, jusqu'à près de 80° de distance zénithale, les réfractions sont les mêmes en chaque lieu, à égale pression et égale température du local où se fait l'observation.

Le fascicule est terminé par un tableau détaillé des observations des taches du Soleil, faites par M. Weber à Peckeloh, en 1868.

Nous devons mentionner, maintenant, des Notices que publie successivement M. Wolf, dans les Feuilles trimestrielles (*Vierteljahrs-Schrift*) de la Société de physique de Zurich, en addition à ses quatre volumes de Biographies des savants suisses. Les numéros de 1869 et du commencement de 1870 de ces Feuilles, renferment une série de lettres, extraites de la correspondance manuscrite de l'astronome Horner avec Repsold le père, célèbre constructeur d'instruments d'astronomie à Hambourg. Ces lettres sont comprises entre 1803 et 1830, époque de la mort de Repsold. Il y en a plusieurs de

Digitized by Google

Horner, qui sont datées de divers points de relâche de son voyage autour du monde, de 1804 à 1806, comme astronome de l'expédition Russe commandée par le capitaine Krusenstern. C'est une addition fort intéressante à la biographie de Horner, insérée par M. Wolf dans le second volume de l'ouvrage cité plus haut.

Le Bulletin du N° de mars 1869 de nos *Archives*[1] contient une analyse sommaire de la 4e édition du *Taschenbuch* portatif de M. Wolf, où il annonçait la prochaine publication d'un *Handbuch* de format in-8°, comprenant, avec plus de développements, les principes, les formules fondamentales et les principaux résultats relatifs aux mathématiques pures et appliquées, à la physique, à la géodésie et à l'astronomie. Cet ouvrage se composera de deux forts volumes, comprenant en tout six livraisons, dont les deux premières ont déjà paru à Zurich par cahiers de 160 pages. Le plan est le même que celui du Manuel de poche, mais avec beaucoup plus de détails. Nous citerons, entre autres, ceux relatifs à l'histoire de la science et aux auteurs dont les travaux l'ont enrichie, contenus dans l'introduction, qui montrent toute l'érudition de M. Wolf, et qui sont précieux par la précision des renseignements qu'il y a recueillis. C'est aussi à lui qu'on doit la publication du Recueil des observations météorologiques du réseau suisse, dont il a déjà paru cinq volumes in-4°. A. G.

CHIMIE.

O. Loew. De la formation de l'ozone par combustion rapide. (*Silliman Journal*, mai 1870.)

Schönbein a montré que les oxydations lentes sont habituellement accompagnées de la formation d'ozone; si ce même phénomène ne se produit pas dans les combustions vives, cela tient sans doute à ce que l'ozone ne peut exister à une température élevée. M. Loew annonce qu'en abaissant

[1] Tome XXXIV, p. 268.

Digitized by Google

fortement la température d'une flamme, il est parvenu à produire de l'ozone. En faisant arriver un fort courant d'air au travers d'un tube dans la flamme d'un bec de Bunsen et en recueillant ensuite l'air dans un ballon, il a recueilli de l'ozone, facilement reconnaissable par son odeur et ses autres réactions.

H. Topsoe. Recherches cristallographiques et chimiques sur les sels doubles haloïdes du platine[1]. *(Bulletin de la Société royale danoise des sciences*, 1869, n° 2.)

L'auteur a étudié dans ce mémoire le biiodure de platine et ses combinaisons.

Ce biiodure, obtenu par Lassaigne au moyen du bichlorure de platine et de l'iodure de potassium, renferme presque toujours un excès de platine. On l'obtient plus pur en faisant réagir à la température ordinaire l'acide iodhydrique sur le bichlorure de platine. C'est une poudre noire, très-divisée, insoluble dans l'eau et amorphe. Il se conserve bien à 100°, mais se décompose à 130° en dégageant de l'iode. Il se dissout dans les iodures métalliques et dans l'acide iodhydrique avec une couleur cramoisi foncé. Plusieurs de ces sels doubles peuvent être préparés plus facilement en mêlant les dissolutions des iodures métalliques avec du bichlorure de platine et faisant cristalliser.

Tous ces iodures doubles sont doués de l'éclat métallique, ont une couleur brune et forment avec l'eau des dissolutions pourpre foncé, qui se décomposent par le repos et surtout par l'ébullition, avec séparation d'iodure de platine.

L'acide sulfureux et les sulfites alcalins décolorent ces solutions en faisant passer le platine à l'état de sulfite de protoxyde. Cette réaction a été utilisée pour l'analyse de ces sels

[1] Ce mémoire renferme la suite des recherches dont la première partie a été résumée dans les *Archives*, 1869, tome XXXV, p. 58.

Digitized by Google

en permettant, après cette réduction, de précipiter l'iode par l'azotate d'argent. La même méthode peut être employée pour l'analyse des sels doubles du bichlorure et du bibromure de platine.

L'iodhydrate $Pt\,I^4, 2HI + 9H^2O$, forme de gros cristaux monoclinoédriques, déliquescents.

Les combinaisons du biiodure de platine avec les iodures de potassium et d'ammonium sont anhydres et cristallisent dans le système régulier comme les composés chlorés et bromés correspondants.

L'iodure double sodique, $Pt\,I^4, 2NaI + 6H^2O$ cristallise dans le système monoclinoédrique; il n'est donc pas isomorphe avec le chlorure et le bromure correspondants, bien qu'il offre la même composition.

Le sel de chaux, $Pt\,I^4, CaI^2 + 12H^2O$ cristallise en rhomboèdres de 106°31′ combinés avec un rhomboèdre inverse plus aigu.

Les sels de magnésie, de manganèse, de zinc, de fer, de cobalt et de nickel correspondent à la formule :

$$Pt\,I^4, RI^2 + 9H^2O$$

Ils cristallisent en prismes hexagonaux terminés par un rhomboèdre principal de 76°17′ à 76°27′, avec son inverse.

Avec le nickel, on peut obtenir, à une température plus élevée, le sel $Pt\,I^4, NiI^2 + 6H^2O$, cristallisant en prisme hexagonal avec un rhomboèdre de 127°40′, forme habituelle des sels analogues renfermant le bichlorure de platine.

En résumé, remarque l'auteur en terminant ce mémoire, les sels doubles du bichlorure et du biiodure de platine cristallisent en général avec des proportions d'eau différentes, tandis que les combinaisons bromées ont des analogues remarquables parmi les sels, soit chlorés, soit iodés, relation qu'on retrouve chez un grand nombre de sels haloïdes où le brome forme comme le lien entre le chlore et l'iode et en fait ressortir clairement l'analogie.

Digitized by Google

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

ADAMÜK. OVER DE INNERVATIE, etc. SUR L'INNERVATION DES MOUVEMENTS DE L'ŒIL. (*Nederlandsch Archief voor Genees- en Natuurkunde;* Deel V, 1870, p. 243.)— DONDERS. OVERAANGEBOREN, etc. SUR L'ASSOCIATION CONGÉNITALE ET ACQUISE. (*Ibid.*, p. 247.)

Dans son ouvrage sur la vision binoculaire, M. Hering admet que les deux yeux sont liés dans leurs mouvements, de telle manière que l'un ne peut se mouvoir sans l'autre. Les mouvements sont donc, à ses yeux, des mouvements coordonnés (*Mitbewegungen* de Joh. Müller), congénitaux et point acquis par l'usage. Cette opinion était, comme on sait, généralement admise dans la science jusqu'à une époque récente où une autre théorie, patronée surtout par M. Helmholtz, a pris faveur. Dans cette théorie, chacun des yeux est primitivement indépendant de l'autre, au point de vue des mouvements : l'association serait un fait postérieur et acquis par l'usage. Malgré les arguments considérables que M. Hering a fait valoir contre cette théorie, elle n'en paraît pas moins en train de gagner des adhérents toujours plus nombreux.

M. Adamük de Kasan a essayé de soumettre ces théories à la pierre de touche de l'expérience dans des recherches physiologiques entreprises au laboratoire de l'université d'Utrecht. Le résultat de ces expériences est brièvement le suivant : les deux yeux ont un centre commun d'innervation motrice dont le siége est dans les tubercules *antérieurs* des corps quadrijumeaux. Le tubercule droit produit les mouvements des deux yeux vers la gauche; celui de gauche leurs mouvements vers la droite. Lorsque l'irritation artificielle est très-intense, la tête se tourne, en outre, du même côté que les deux yeux. Par l'irritation de points divers de chacun des tubercules, on peut exciter des mouvements très-variés, mais toujours les mouvements des deux yeux restent parfaitement coordonnés.

Digitized by Google

M. Adamük a vainement cherché à produire une divergence des axes optiques ou un mouvement isolé de l'un des yeux par ses irritations artificielles, aussi longtemps du moins que les tubercules conservent leurs rapports normaux. En revanche, après la séparation des deux tubercules l'un de l'autre par une profonde section sur la ligne médiane, il est facile d'obtenir ce résultat. L'auteur pense pouvoir conclure de ces expériences que la coordination des mouvements des deux yeux tient, chez les chats et les chiens tout au moins, à une cause congénitale, et que ce n'est point un phénomène acquis. M. Hering aurait donc, selon lui, raison contre M. Helmholtz.

M. Donders a fait suivre le travail de M. Adamük de considérations très-remarquables qui placent pourtant la question sous un jour assez différent. Pour le célèbre physiologiste néerlandais, les théories de M. Hering et de M. Helmholtz ne sont point aussi directement opposées l'une à l'autre qu'on l'admet en général. M. Helmholtz remarque, il est vrai, que toutes les lois qui président aux mouvements des yeux peuvent présenter des exceptions sous l'influence d'efforts volontaires et que, par conséquent, ces lois ne peuvent avoir leur raison d'être dans l'action mécanique de dispositions anatomiques. Toutefois il a soin d'ajouter un correctif à ce que cette opinion a de trop absolu : à ses yeux, il n'est pas impossible, et il lui semble même probable que la croissance des muscles et peut-être même le pouvoir conducteur des nerfs, s'adaptent aux conditions qui se font sentir non-seulement dans la vie de chaque individu, mais encore par voie d'hérédité dans la vie de l'espèce, de telle manière que les mouvements coordonnés deviennent les plus faciles de tous.

M. Hering, de son côté, reconnaît que nous avons affaire ici à un mécanisme qui, bien que parfaitement déterminé dans sa disposition, permet néanmoins un certain degré d'accommodation lorsque les conditions extérieures viennent à être modifiées. Il admet qu'un *besoin impérieux (Zwang)* pré-

Digitized by Google

side aux mouvements coordonnés des yeux, mais il ajoute que ce besoin n'est pas parfaitement insurmontable.

M. Donders remarque avec raison que ces deux opinions ne sont point directement opposées. Seulement ce que M. Hering place sur le premier plan est rejeté par M. Helmholtz sur l'arrière-plan et inversément.

L'association congénitale des mouvements et l'association acquise par l'expérience ne pourraient-elles pas avoir toutes deux une cause organique? M. Donders répond à cette question par l'affirmative, et il appuie son opinion d'arguments sérieux.

Entraîné par sa théorie empirique, M. Helmholtz a en général, sur le terrain des sensations, négligé tout ce qui est congénital. C'est ce qui lui est arrivé en particulier pour les mouvements coordonnés des yeux. C'est ce qui lui est arrivé aussi pour le lien qui existe entre le degré de convergence des axes optiques et l'accommodation de l'œil. Nous savons que l'augmentation de convergence est combinée dans la règle avec une accommodation croissante pour les objets rapprochés. Mais c'est aussi un fait connu qu'il ne s'agit point là d'un rapport parfaitement immuable, et le degré d'indépendance réciproque de ces deux phénomènes trouve sa mesure dans ce que M. Donders a appelé la latitude relative d'accommodation. M. Helmholtz donne une grande importance à ces variations, qui sont réellement acquises, et il est, par suite, disposé à considérer le lien entre la convergence et l'accommodation comme individuel et acquis dans sa totalité. M. Donders ne peut partager cette manière de voir. Elle est contredite par le fait que l'hypermétropie entraîne dans la règle le développement d'un strabisme convergent. Le rapport génétique entre ces deux phénomènes est ici évident : l'œil cherche ainsi à obtenir le degré d'accommodation voulu pour voir distinctement par un faible degré de convergence. Il est facile de se convaincre qu'il en est bien ainsi. Il suffit, en effet, d'étudier les cas où un strabisme convergent

Digitized by Google

au lieu de dévenir permanent, ne se manifeste que pour la vision des objets rapprochés, et de se rappeler que ce strabisme intermittent peut être amélioré dans son développement et même entièrement supprimé par l'emploi de verres convexes qui neutralisent l'hypermétropie.

Concède-t-on que les considérations précédentes révèlent la nature congénitale du lien entre le degré de convergence et l'accommodation, on a fait certainement un pas vers l'opinion favorable à l'origine congénitale des mouvements coordonnés des deux yeux. Toutefois il faut, d'un autre côté, ne pas oublier que le besoin impérieux résultant d'une disposition anatomique congénitale n'est point parfaitement absolu. C'est ce qu'on observe déjà pour le rapport entre la convergence et l'accommodation dont il vient d'être question. Que le degré d'indépendance des deux phénomènes soit grand ou petit, il faut en rendre compte tout aussi bien que du besoin de coordination. Dans l'un des cas comme dans l'autre, la cause première doit être cherchée dans des particularités congénitales d'organisation. Montrer avec M. Hering que, dans d'autres exemples de mouvements coordonnés, la coordination laisse cependant une certaine latitude, ce n'est certes pas supprimer la difficulté, c'est simplement constater que la question de la cause de ce degré d'indépendance relative des mouvements coordonnés revient partout. M. Donders pense qu'on ne peut se contenter d'opposer l'exercice, l'usage, à la disposition anatomique, mais qu'il faut se représenter l'usage comme une influence modifiante, organique, exercée par l'organe psychique central sur les cellules ganglionnaires motrices avec lesquelles il est relié anatomiquement. C'est un fait remarquable que les expériences de M. Adamük réussissent d'une manière beaucoup plus nette lorsque l'animal est profondément narcotisé : l'organe de la volonté est alors comme assoupi, tandis que l'organe moteur central, conservant toute son excitabilité, répond exactement à toutes les irritations auxquelles il est soumis.

Digitized by Google

Joh. Müller a distingué les mouvements coordonnés qui seraient congénitaux, des mouvements associés qui seraient acquis. L'exercice tend à supprimer les premiers et à lier toujours plus intimement les seconds. M. Hering admet entièrement cette classification. Cependant M. Donders, sans en méconnaître le côté pratique, ne pense pas qu'elle repose sur une base bien solide. La différence se réduit à ceci : les mouvements coordonnés congénitaux sont le résultat de l'usage chez les générations antérieures ; tandis que les mouvements associés sont acquis par l'usage de l'individu [1]. Mais cette différence est-elle bien essentielle ? La cause ne doit-elle pas être dans les deux cas matérielle et de même nature ? Est-il possible d'admettre qu'une différence puisse se manifester dans la fonction sans une modification anatomique correspondante ? M. Donders pense que ce qui est congénital et ce qui est acquis, sont au fond des choses de même ordre.

On voit qu'aux yeux de M. Donders toute liaison qui s'établit entre des fonctions dans leur marche régulière doit devenir peu à peu congénitale quand bien même elle ne l'était pas dans le principe ; toutefois même lorsque cette liaison, par voie d'hérédité, est devenue typique, elle n'a pas besoin d'être absolue. La fonction permet dans la règle une certaine latitude dans sa manifestation : c'est ce qui a lieu, par exemple, pour les points correspondants des rétines, pour les mouvements coordonnés des yeux, pour le rapport de l'accommodation avec la convergence.

Il est fort remarquable que le système nerveux soit très-rapidement modifié dans son organisation à la suite d'une modification de ses fonctions. Dans tout œil dévié, le pouvoir

[1] Ce point de vue est essentiellement darwiniste ; mais nous apprenons, par une note de M. Donders, que ce savant l'a soutenu depuis longtemps déjà, en particulier dans un écrit publié à Utrecht, en 1848, sous le titre de : *De harmonie van het dierlijke leven — openbaring van wetten*. M. Donders a donc sa place marquée dans la liste des précurseurs de Darwin.

Digitized by Google

optique diminue rapidement dans toute la partie commune du champ visuel, tandis que les images doubles, incommodes, sont psychiquement supprimées. Une maladie ou une blessure qui entraîne la perte de l'œil, produit en outre l'atrophie du nerf optique jusqu'au chiasma et de la moitié des fibres du *tractus n. optici* au delà du chiasma.

Il serait intéressant de pouvoir soumettre cette théorie de M. Donders à une vérification expérimentale. La chose n'est peut-être pas impossible. Il faudrait trouver un moyen de produire chez de jeunes animaux, par un exercice soutenu et régulier, une modification de tels ou tels mouvements associés, et de soumettre plus tard à des expériences le centre moteur qui préside à ces mouvements. Peut-être pourrait-on, par exemple, pense M. Donders, trouver une disposition grâce à laquelle les muscles de l'un des yeux, chez un jeune animal, devraient se contracter beaucoup plus énergiquement que dans la règle pour produire la vision binoculaire. Cette plus grande énergie de la contraction se produirait d'abord sous l'influence de la volonté. Mais peu à peu cette forme de mouvement, devenue habituelle, devrait entraîner une modification organique de l'organe moteur central. Dans ce cas, il semble probable qu'une irritation artificielle portée, à la manière de M. Adamük, sur ce centre de mouvement, produirait régulièrement, en vertu de la modification de structure, le mouvement devenu habituel par l'usage. Si une telle expérience pouvait réussir, il en résulterait, il est vrai, que des expériences comme celles de M. Adamük ne sauraient prouver d'une manière absolument nécessaire que des mouvements coordonnés ont leur raison d'être dans une disposition anatomique congénitale. E. C.

Digitized by Google

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JUIN 1870.

Le 5, de 6 h. 55 m. à 7 h. du soir, la bise est d'une violence extrême.

6, la bise souffle avec violence de 1 h. à 4 h. du matin. Les dernières traces de neige ont disparu du Môle.

7, couronne lunaire dans la soirée.

12, à 1 h. 40 m., la fraction de saturation est de 0,19.

14, à 6 h. du soir, tonnerres au SSE. et SSO. De 8 3/4 h. du soir jusqu'après 10 h., éclairs dans diverses directions de l'horizon.

15, à 11 h., la fraction de saturation est de 0,17. Un orage avec de fortes décharges électriques a lieu de 1 1/2 h. à 2 h. 40 m. de l'après-midi; plus grande intensité de 1 h. 55 m. à 2 h. 20 m. Les nuages orageux passent de l'ESE. au S. et O. au sud de l'Observatoire.

16, tonnerres au NO. entre 2 1/4 h. et 2 1/2 h. du soir; les nuages orageux s'éloignent dans la même direction.

17, éclairs au NNE. dans la soirée.

18, éclairs et tonnerres entre 2 h. et 3 h. du matin. L'orage passe du N. au S. à l'O. de l'Observatoire.

24, à 10 h. du matin, quelques coups de tonnerre au N.; les nuages passent du NO. au NE. au N. de l'Observatoire. Un second orage avec de fortes décharges électriques a lieu de midi 1/2 à 1 1/2 h.; l'orage passe de l'OSO. à l'E. à peu près au zénith de l'Observatoire; l'intensité la plus forte est à 1 h., où une averse fournit en 4 minutes $1^{mm},5$ d'eau.

Digitized by Google

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 4 à 7 h. matin	732,50	Le 7 à 3 h. soir	724,53
8 à 10 h. soir	726,90	10 à 6 h. matin	721,14
12 à 9 h. matin	733,64	14 à 4 h. soir	729,18
15 à 10 h. soir	732,70	16 à 6 h. soir	728,19
18 à 8 h. matin	732,05	17 à 4 h. soir	730,28
20 à 8 h. matin	732,69	24 à 2 h. soir	722,71
25 à 10 h. soir	731,16	29 à 6 h. soir	725,15

Digitized by Google

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm.
1	726,79	+ 0,71	+15,91	+0,67	+ 9,6	+21,6	7,52	—1,56	580	—132	390	820	...	...	variable	0,56	17,3	+ 4,1	146
2	726,78	+ 0,65	+16,75	+1,39	+11,0	+22,0	7,73	—1,41	565	—146	420	780	...	...	N. 1	0,38	17,1	+ 3,8	147
3	729,02	+ 2,84	+17,22	+1,74	+ 9,1	+23,1	8,25	—0,95	574	—137	360	750	...	...	N. 1	0,12	17,2	+ 3,7	149
4	731,91	+ 5,68	+18,11	+2,51	+13,8	+23,4	7,58	—1,68	516	—194	340	660	...	...	NNE. 2	0,23	17,6	+ 4,0	150
5	730,62	+ 4,34	+16,05	+0,33	+11,2	+20,5	6,76	—2,56	546	—163	300	720	...	...	NNE. 2	0,53	—	—	152
6	727,52	+ 1,19	+12,45	—3,39	+10,0	+16,1	7,08	—2,30	677	— 32	520	810	...	...	N. 3	0,83	15,8	+ 2,0	155
7	725,03	— 1,35	+14,11	—1,85	+11,2	+19,0	8,28	—1,16	709	+ 1	510	810	...	...	NNE. 2	0,74	16,1	+ 2,1	151
8	726,37	— 0,06	+14,43	—1,65	+11,4	+21,4	9,53	+0,03	800	+ 92	450	1000	8,0	5	SSO. 1	0,80	16,2	+ 2,1	150
9	723,90	— 2,58	+15,90	—0,30	+ 7,9	+23,0	9,32	—0,23	700	— 7	430	920	...	...	N. 1	0,32	16,8	+ 2,6	150
10	721,67	— 4,86	+18,54	+2,23	+13,0	+25,0	7,92	—1,68	530	—176	320	800	...	...	variable	0,49	16,8	+ 2,5	150
11	728,87	+ 2,30	+18,47	+2,05	+15,1	+23,4	7,65	—2,00	512	—194	360	590	...	...	SSO. 1	0,33	17,0	+ 2,6	149
12	733,04	+ 6,43	+20,05	+3,52	+10,0	+29,3	7,87	—1,83	484	—221	190	750	...	...	SSO. 1	0,16	—	—	149
13	731,93	+ 5,28	+20,11	+3,47	+11,0	+27,9	8,18	—1,57	504	—200	150	720	...	...	N. 1	0,06	16,4	+ 1,8	149
14	730,56	+ 3,87	+21,66	+4,92	+12,5	+29,0	10,04	+0,24	533	—171	370	720	...	...	N. 1	0,38	17,8	+ 3,1	149
15	731,22	+ 4,49	+21,44	+4,60	+15,8	+28,7	9,98	+0,13	556	—147	170	800	0,2	1	variable	0,60	18,3	+ 3,5	148
16	730,09	+ 3,32	+20,60	+3,66	+13,6	+26,4	10,90	+1,01	613	— 89	380	810	...	...	N. 1	0,40	19,9	+ 5,0	148
17	729,40	+ 2,58	+22,73	+5,69	+14,2	+29,3	9,35	—0,58	482	—219	280	680	...	...	SSO. 1	0,50	19,5	+ 4,5	152
18	731,60	+ 4,74	+18,60	+1,46	+14,6	+26,7	11,81	+1,84	763	+ 63	380	990	4,2	3	NNE. 1	0,60	18,1	+ 3,0	155
19	731,22	+ 4,31	+20,49	+3,26	+13,5	+26,2	10,79	+0,78	620	— 79	340	830	...	...	NNE. 1	0,20	—	—	158
20	732,30	+ 5,35	+22,23	+4,91	+13,7	+28,7	10,35	+0,30	540	—158	320	740	...	...	N. 1	0,29	19,8	+ 4,5	160
21	730,91	+ 3,91	+23,13	+5,72	+16,5	+28,7	10,65	+0,56	527	—170	320	680	...	...	NNE. 2	0,10	20,1	+ 4,7	162
22	728,86	+ 1,82	+21,83	+4,33	+16,3	+26,6	9,05	—1,08	484	—212	360	510	...	...	NNE. 3	0,01	20,7	+ 5,1	164
23	727,75	+ 0,66	+23,12	+5,54	+15,5	+30,4	9,11	—1,06	463	—232	230	620	...	...	NNE. 1	0,07	20,5	+ 4,9	167
24	724,11	— 3,02	+23,76	+6,10	+15,3	+32,1	10,26	+0,05	485	—209	310	620	1,5	1	variable	0,47	19,9	+ 4,2	168
25	728,10	+ 0,92	+16,08	—1,66	+10,7	+22,0	5,91	—4,34	458	—235	310	540	...	...	OSO. 2	0,53	19,9	+ 4,1	170
26	729,91	+ 2,69	+16,52	—1,30	+ 5,6	+24,2	5,26	—5,02	406	—286	190	620	...	...	variable	0,18	—	—	171
27	727,12	— 0,15	+20,33	+2,43	+ 9,0	+28,0	6,81	—3,50	405	—286	240	580	...	...	SO. 1	0,13	18,5	+ 2,4	171
28	726,26	— 1,05	+19,21	+1,24	+16,9	+24,2	7,53	—2,81	490	—200	360	530	...	...	N. 1	0,32	18,2	+ 2,0	172
29	726,42	— 0,93	+17,84	—0,20	+ 9,2	+23,7	8,42	—1,95	562	—127	370	700	...	...	N. 1	0,12	18,9	+ 2,7	171
30	727,53	+ 0,14	+16,93	—1,18	+11,0	+23,7	9,26	—1,14	658	— 30	390	830	0,4	1	variable	0,58	19,2	+ 2,9	170

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
				Baromètre.					
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	727,33	727,40	727,22	726,83	726,47	726,23	726,42	726,90	727,29
2e «	731,41	731,59	731,40	731,02	730,38	730,20	730,34	730,89	731,47
3e «	728,39	728,49	728,00	727,56	727,08	726,78	726,76	727,30	728,08
Mois	729,04	729,16	728,87	728,47	727,97	727,74	727,83	728,36	728,95
				Température.					
	°		°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+12,81	+15,33	+17,61	+19,27	+19,83	+20,27	+18,34	+16,22	+15,01
2e «	+15,68	+19.58	+21,78	+24,13	+25,64	+26,26	+24,44	+22,18	+19,71
3e «	+15,55	+19,16	+21,89	+23,80	+24,64	+24,99	+23,54	+20,86	+18,14
Mois	+14,68	+18,02	+20,42	+22,40	+23,37	+23,84	+22,11	+19,75	+17,62
				Tension de la vapeur.					
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1er décade	8,14	8,37	7,79	7,58	7,33	7,31	8,35	8,88	8,57
2e «	9,89	10,20	9,90	9,73	9,54	8,61	9,40	9,85	10,48
3e «	8,00	7,99	8,31	8,18	8,09	7,92	8,55	9,09	8,27
Mois	8,68	8,85	8,67	8,50	8,32	7,94	8,77	9,27	9,11
				Fraction de saturation en millièmes.					
1re décade	743	648	533	465	431	416	546	648	680
2e «	747	608	513	438	396	343	416	502	616
3e «	602	478	419	367	344	337	402	493	535
Mois	697	578	488	423	390	365	455	548	610

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	cm
1re décade	+10,82	+21,51	0,50	16,77	8,0	150,0
2e «	+13,40	+27,56	0,35	18,35	4,4	151,7
3e «	+12,60	+26,36	0,25	19,54	1,9	168,6
Mois	+12,27	+25,14	0,37	18,22	14,3	156,8

Dans ce mois, l'air a été calme 4,8 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,04 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 1°,3 O., et son intensité est égale à 56,8 sur 100.

Digitized by Google

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUIN 1870.

Le 1, brouillard le matin et le soir.
2, id. la plus grande partie de la journée.
3, id. depuis 6 h. du soir.
4, id. le matin et le soir.
5, 6, id. tout le jour.
7, id. une partie de la journée.
8, id. tout le jour. La neige n'a pas pu être mesurée.
9, id. le soir.
10, id. toute la journée.
11, id. le matin jusqu'à 8 h.
14, id. de 6 h. du soir à 8 h.; vers les 6 1/4 h. du soir des fréquents éclairs et coups de tonnerre du côté du NE.
16, id. la plus grande partie de la journée.
18, id. tout le jour.
19, id. depuis 6 h. du soir.
20, la glace a disparu sur le lac.
21, brouillard depuis 8 h. du soir.
24, id. depuis 8 h. du soir; deux petits orages, l'un à 11 h. et l'autre à 2 3/4 h.; vers les 5 h. de fréquents coups de tonnerre du côté du N.
25, id. le matin et le soir.
30, id. depuis 4 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 4 à 8 h. soir	571,03	Le 1 à 8 h. matin	564,60
8 à 10 h. soir	565,66	7 à 6 h. matin	563,06
12 à 10 h. soir	573,57	10 à 8 h. matin	561,56
15 à 10 h. soir	573,42	14 à 4 h. après midi	572,28
20 à 10 h. soir	574,05	18 à 6 h. matin	570,33
26 à 10 h. soir	568,48	25 à 10 h. matin	564,52
		28 à 8 h. matin	565,67

Digitized by Google

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	565,51	— 0,17	564,60	566,14	+ 2,06	— 0,61	+ 1,2	+ 4,8	.....	.....	....	NE. 2	0,77
2	565,72	— 0,05	565,06	566,49	+ 2,38	— 0,41	+ 0,2	+ 5,4	.....	.....	....	NE. 1	0,84
3	568,11	+ 2,25	566,48	569,67	+ 3,45	+ 0,55	+ 0,3	+ 7,6	.....	.....	....	NE. 1	0,27
4	570,42	+ 4,48	569,73	571,03	+ 3,77	+ 0,76	+ 1,8	+ 7,0	.....	.....	....	NE. 1	0,58
5	567,22	+ 1,20	566,13	568,51	— 1,43	— 4,55	— 3,2	+ 1,2	.....	.....	....	NE. 1	0,90
6	564,41	— 1,70	563,66	564,75	— 2,04	— 5,27	— 2,2	— 0,8	40	6,1	6	variable	0,90
7	563,68	— 2,51	563,06	564,38	— 0,33	— 3,67	— 2,2	+ 2,2	40,3	7,2	6	SO. 1	0,89
8	564,81	— 1,46	563,98	565,66	+ 1,31	— 2,14	— 1,2	+ 4,6	.....	4,0	4	variable	0,93
9	563,94	— 2,41	563,09	564,55	+ 3,97	+ 0,42	— 0,9	+ 8,4	.....	.....	....	SO. 1	0,49
10	562,32	— 4,11	561,56	563,60	+ 2,03	— 1,62	+ 1,8	+ 4,5	.....	.....	....	NE. 1	0,94
11	567,98	+ 1,47	565,51	570,35	+ 3,89	+ 0,14	+ 0,4	+ 7,0	.....	.....	....	NE. 1	0,46
12	572,80	+ 6,21	571,58	573,57	+ 7,11	+ 3,26	+ 3,6	+10,4	.....	.....	....	NE. 1	0,28
13	572,94	+ 6,27	572,90	573,00	+10,30	+ 6,35	+ 6,1	+14,8	.....	.....	....	NE. 1	0,04
14	572,59	+ 5,84	572,28	572,99	+ 8,09	+ 4,05	+ 5,7	+12,6	.....	4,2	3	NE. 1	0,59
15	572 93	+ 6,11	572,47	573,42	+ 8,09	+ 3,96	+ 6,6	+11,2	.....	.....	....	SO. 1	0,84
16	572,00	+ 5,10	571,35	572,54	+ 6,97	+ 2,75	+ 5,1	+11,0	.....	.....	....	SO. 1	0,81
17	570,92	+ 3,95	570,73	571,05	+ 8,55	+ 4,24	+ 5,7	+12,6	.....	3,0	1	NE. 1	0,71
18	570,93	+ 3,89	570,33	571,46	+ 5,00	+ 0,60	+ 4,6	+ 7,0	.....	.....	....	NE. 1	0,91
19	571,81	+ 4,70	571,18	572,77	+ 6,90	+ 2,41	+ 3,7	+11,7	.....	.....	....	NE. 1	0,58
20	573,40	+ 6,22	572,49	574,05	+ 8,25	+ 3,67	+ 2,5	+12,6	.....	.....	....	NE. 1	0,58
21	572,84	+ 5,59	572,40	573,39	+10,18	+ 5,52	+ 7,4	+13,8	.....	.....	....	NE. 1	0,27
22	571,41	+ 4,09	571,17	571,57	+11,19	+ 6,45	+ 7,8	+14,0	.....	.....	....	NE. 1	0,02
23	570,83	+ 3,44	570,65	571,01	+12,23	+ 7,41	+10,2	+18,0	.....	.....	....	NE. 1	0,09
24	568,08	+ 0,63	566,48	569,80	+ 9,78	+ 4,88	+ 7,0	+14,4	.....	3,4	4	NE. 1	0,49
25	565,28	— 2,23	564,52	567,01	+ 0,18	— 4,80	— 2,6	+ 4,8	.....	.....	....	NE. 2	0,89
26	567,63	+ 0,06	566,40	568,48	+ 1,31	— 3,74	— 4,6	+ 5,2	.....	.....	....	NE. 1	0,00
27	567,56	— 0,07	567,33	567,97	+ 7,03	+ 1,91	+ 2,5	+12,0	.....	.....	....	NE. 1	0,12
28	565,94	— 1,75	565,67	566,35	+ 4,29	— 0,99	+ 2,0	+ 7,0	.....	.....	....	NE. 1	0,38
29	566,44	— 1,31	565,82	567,14	+ 5,12	— 0,14	+ 3,0	+ 8,3	.....	.....	....	NE. 1	0,01
30	567,54	— 0,27	566,98	568,41	+ 5,20	— 0,13	+ 2,8	+10,6	.....	2,6	2	NE. 1	0,81

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	565,20	565,23	565,58	565,64	565,75	565,74	565,72	565,92	565,97
2e »	571,23	571,53	571,67	571,84	571,90	571,88	571,96	572,24	572,45
3e »	568,33	568,33	568,31	568,37	568,34	568,37	568,32	568,42	568,62
Mois	568,26	568,36	568,52	568,62	568,66	568,66	568,67	568,86	569,01
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	— 0,05	+ 1,88	+ 3,25	+ 3,57	+ 3,89	+ 3,73	+ 2,22	+ 1,52	+ 0,95
2e »	+ 4,55	+ 7,35	+ 9,09	+10,38	+10,47	+ 9,72	+ 8,28	+ 6,92	+ 6,36
3e »	+ 4,61	+ 6,79	+ 9,15	+ 9,44	+10,57	+ 8,73	+ 7,19	+ 5,55	+ 5,12
Mois	+ 3,04	+ 5,34	+ 7,16	+ 7,80	+ 8,31	+ 7,39	+ 5,90	+ 4,66	+ 4,14

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade	— 0,44	+ 4,49	0,75	17,3	80,3
2e »	+ 4,40	+11,09	0,58	7,2	0
3e »	+ 3,55	+10,81	0,31	6,0	0
Mois	+ 2,50	+ 8,80	0,55	30,5	80,3

Dans ce mois, l'air a été calme 10,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 5,22 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 62,6 sur 100.

* Voir la note du tableau.

Digitized by Google

Digitized by Google

NOTICE

SUR LE

NIVELLEMENT DE PRÉCISION DE LA SUISSE

DIRIGÉ PAR

MM. HIRSCH & PLANTAMOUR.

Trois premières livraisons (202 pages in-4°). Genève, 1867-70. Librairie Georg.

Il s'est formé, en 1864, une grande association internationale européenne, dont M. le lieutenant-général Bæyer de Berlin a été l'un des principaux promoteurs. Elle a pour but principal, des mesures astronomiques et géodésiques d'arcs de longitude et de latitude dans toute l'Europe, plus exactes et plus étendues que celles obtenues jusqu'ici; de manière à arriver à une détermination précise de la figure de la terre, dans cette partie de notre globe, qui, malgré sa petitesse comparative, joue un rôle si considérable dans le monde civilisé. Il a été institué, à cette époque, des conférences annuelles entre des délégués de diverses nations, et une commission permanente, siégeant à Berlin, dans l'intervalle desdites conférences. Un bureau central y a aussi été établi en avril 1866. Les conférences ont eu lieu successivement à Berlin, Leipzig, Neuchâtel, Vienne, etc.; il en a été publié d'intéressants comptes rendus, dont des extraits ont paru dans les tomes VII et VIII du *Bulletin de la Société des Sciences naturelles de Neuchâtel.*

La Suisse a été appelée à jouer un rôle important dans cette vaste entreprise scientifique, sa position centrale,

Digitized by Google

d'un côté entre l'Allemagne et l'Italie, de l'autre entre la France et l'Autriche, lui imposant la tâche de relier entre eux les réseaux de ces grands pays. Les Conseils de la Confédération ont dignement répondu à l'appel qui leur a été adressé à ce sujet ; ils ont alloué chaque année à une Commission géodésique, instituée par la Société helvétique des sciences naturelles, les fonds nécessaires pour exécuter les nombreux travaux qui sont la suite du plan général d'opérations adopté. Ces travaux sont plus difficiles en Suisse qu'ailleurs, à cause de sa configuration fort accidentée et de ses montagnes couvertes de neige et de glaciers. Mais, d'un autre côté, notre patrie possède divers avantages. L'un des principaux est la grande carte topographique en 25 feuilles déjà existante, résultant de longs travaux géodésiques et astronomiques, carte généralement admirée, et à laquelle est attaché le nom de notre cher et respectable compatriote le général Dufour, parce que c'est à sa persévérante activité qu'est due la complète exécution de ladite carte. C'est à lui qu'à été naturellement dévolue la présidence de la commission géodésique suisse, qui se compose, en outre, de MM. Wolf, Denzler, Hirsch et Plantamour, exécutant eux-mêmes, ou dirigeant les travaux divers concourant au but proposé. Déjà les deux derniers avaient déterminé télégraphiquement, en 1861 et 1862, la différence de longitude entre les observatoires de Genève et de Neuchâtel. M. Plantamour a publié aussi, en 1866, un mémoire sur les nombreuses expériences du pendule à réversion de Repsold, qu'il a faites à Genève [1]. Il a, en outre, dans ces der-

[1] Ces travaux ont été insérés dans les volumes XVII et XVIII des *Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève*, in-4°, et il en a paru une analyse dans les numéros de décembre 1864

Digitized by Google

mières années, déterminé astronomiquement, après des séjours de près de deux mois en chaque station, la position géographique du Rigi-Kulm, du Weissenstein et de Berne, et il est occupé, en ce moment, à des opérations de même genre, près l'hospice du Simplon. Les résultats des travaux exécutés et dirigés par les divers membres de la Commission suisse, et dont la partie géodésique est confiée au colonel Denzler, sont encore inédits, quoique les travaux soient déjà fort avancés. Mais MM. Hirsch et Plantamour publient successivement ceux relatifs au nivellement dont ils se sont spécialement chargés; et c'est sur ceux-là que je me propose d'entrer ici dans quelques détails, soit d'après les trois premières livraisons de leur ouvrage sur ce sujet, soit d'après les rapports de M. Hirsch sur leurs opérations, faits à la Commission géodésique suisse, et insérés dans les *Bulletins* de la Société de Neuchâtel cités plus haut.

On connaissait déjà très-approximativement, par les travaux géodésiques français et suisses, la hauteur au-dessus du niveau moyen de la mer, soit l'*altitude*, d'un assez grand nombre de points de notre pays, et la construction des chemins de fer y avait fourni une masse considérable de données nouvelles. Mais il s'était élevé quelques doutes sur l'exactitude, à environ 1 mètre près, de la cote fédérale de l'un des principaux points de départ de ces mesures, savoir notre gros bloc erratique de granit, dit de la *pierre du Niton*, situé près le bord du lac,

et de novembre 1866 de nos *Archives*. M. Plantamour avait déjà exécuté, en 1855, de concert avec M. Burnier, une opération de nivellement géométrique, à partir du lac de Genève jusqu'à l'hospice du Grand Saint-Bernard, et il en avait publié le compte rendu dans le cahier d'octobre 1855 de la *Bibliothèque Universelle*.

Digitized by Google

dans le port de Genève, et sur lequel le général Dufour avait fait sceller une plaque de bronze. La Commission géodésique suisse a pris cette plaque comme plan général de comparaison pour tous les nivellements, la question de la hauteur définitive de ce plan, au-dessus du niveau de la mer, étant réservée à la décision ultérieure de la Commission géodésique internationale.

Deux appareils de nivellement de précision ont été commandés, en 1865, à M. Kern, d'Aarau, et exécutés promptement par lui d'une manière très-satisfaisante. Ils se composent chacun d'une lunette d'environ 15 lignes d'ouverture, et 15 pouces (du pied de Paris) de distance focale, dont l'oculaire astronomique grossit 42 fois, et qui repose sur des coussinets, de manière à pouvoir être à volonté fixée, à l'aide de crochets, ou retournée bout à bout. Un niveau d'Ertel, pourvu d'une division en lignes, dont chaque partie correspond à un arc d'environ trois secondes, est placé librement sur les tourillons de la lunette, et peut être fixé à l'aide de crochets. L'instrument est porté par un trépied reposant sur trois vis à caler, selon le système de M. Wild de Zurich, c'est-à-dire, terminées par des sphères entrant dans des calottes hémisphériques fixées au trépied, de sorte qu'en serrant les crochets qui y sont joints, ainsi que ceux de la lunette et du niveau, le trépied et le niveau forment corps, et l'instrument peut être transporté de station en station sans le démonter.

La lunette du premier de ces instruments avait été d'abord pourvue à son foyer, outre une croisée de fils fixes, l'un horizontal, l'autre vertical, d'un fil horizontal rendu mobile, dans le sens vertical, au moyen d'une vis micrométrique, soit pour mesurer l'angle correspondant à

Digitized by Google

une division de la mire à diverses distances, afin d'obtenir ainsi les distances mêmes, d'après la méthode des *Stadia*, soit pour mesurer les distances du fil horizontal fixe aux deux traits de la mire, entre lesquels il se trouve compris. Mais l'expérience a montré qu'il était plus avantageux de remplacer le fil mobile par deux fils horizontaux fixes, situés au-dessus et au-dessous du fil central, à la distance d'environ 3 $^1/_2$ minutes de degré, et cette construction a été adoptée, dès 1866, pour les deux lunettes. L'espace que les fils extrêmes embrassent sur la mire, combiné avec leur distance angulaire déterminée une fois pour toutes, fait alors connaître la distance de la mire. En réduisant, au moyen des distances angulaires des fils, la moyenne des trois fils au fil du milieu, on obtient, plus exactement que par le premier procédé, la position de l'axe de la lunette sur la mire; et l'observateur, après avoir rendu la lunette horizontale, au moyen des vis à caler et d'une vis d'élévation très-fine, n'a plus besoin de toucher à l'instrument.

Les mires sont des perches en bois de sapin très-sec, de 3 mètres de longueur, sur 8 centimètres de largeur, et 2,2 centimètres d'épaisseur, munies d'une nervure dorsale pour leur donner plus de solidité. Leur division est en centimètres, alternativement noirs et blancs, avec des numéros pairs d'un côté et impairs de l'autre. Elles sont munies de poignées, à la hauteur d'un mètre, d'un niveau à boîte, placé à environ 1 $^1/_2$ de mètre, et elles portent en outre un fil à plomb, au moyen duquel on règle chaque jour la position du niveau. Pour que la mire ne se déplace pas pendant son retournement sur elle-même, le porte-mire pose d'abord sur le sol une plaque en fonte assez lourde, percée d'un trou, dans lequel entre librement un éperon

Digitized by Google

cylindrique en fer, fixé au bas de la mire. On établit solidement la plaque dans une position horizontale, et on peut ainsi faire pivoter la mire en tout sens sans la déplacer. Quand on travaille au soleil, l'instrument est tenu à l'ombre d'un grand parasol.

Je n'ai pu donner ici qu'une description sommaire de tout l'appareil d'observation, sans entrer dans le détail des nombreuses vérifications et corrections auxquelles il donne lieu, et qui sont exposées dans les premiers chapitres de l'ouvrage.

On avait posé, en principe, que l'erreur d'un coup de niveau ne devait pas dépasser un millimètre à une distance de cent mètres, ce qui donne pour limite d'erreur un arc de deux secondes. La méthode d'observation adoptée a été celle du nivellement, depuis le milieu de l'intervalle entre deux positions consécutives de la mire, méthode qui rend les résultats indépendants des erreurs instrumentales, ainsi que de l'influence de la dépression de l'horizon et de la réfraction. Dans la pratique, on s'est contenté d'une égalité approximative entre les distances de la mire, dans sa station en arrière et en avant de l'instrument, en faisant compter les pas par le porte-mire. Car, une fois que la lecture de la mire donne la distance avec une exactitude suffisante, la moyenne des lectures est indépendante des erreurs instrumentales. Dans les cas de forte pente, on a admis, entre les deux positions successives de la mire, une différence de distance qui ne devait jamais dépasser 10 mètres. Les coups de niveau ont eu lieu à des distances de 50 à 100 mètres sur les lignes de chemins de fer, de 30 à 60 mètres sur les grandes routes de la plaine, et de 10 à 25 sur les routes de montagne.

Digitized by Google

Les observations ont été faites, au commencement, par les astronomes eux-mêmes, et ensuite par deux ingénieurs suisses très-capables, MM. Benz et Schœnholzer, travaillant, en général, sur des points différents. Ces derniers ont été astreints à un règlement fort détaillé, fixé à l'avance et rapporté en entier dans le chapitre III de l'ouvrage. Ils étaient tenus d'envoyer régulièrement les observations originales, ainsi que des copies collationnées, aux deux observatoires de Neuchâtel et de Genève, où les réductions et les calculs ont été faits à double, le principe étant posé de *séparer complètement l'observation du calcul*. Les réductions ont été faites par les aides des deux observatoires, MM. Schmidt et Bruderer, d'après des formulaires et avec des tables de réductions identiques.

Quelles que soient les précautions employées pour l'observation, il faut une garantie pour l'exactitude des résultats. La plus forte est celle employée par les ingénieurs français, de faire niveler toutes les sections à double et à triple, par des ingénieurs différents, opérant à diverses époques et avec d'autres instruments. MM. Hirsch et Plantamour ont trouvé ce mode trop long et trop dispendieux; ils ne l'ont suivi que dans des cas exceptionnels, et ils se sont bornés, en général, à disposer, partout où cela est possible, les lignes de nivellement de telle façon qu'elles forment des polygones, dont la clôture fournit une garantie presque équivalente à celle du premier mode.

Travaux en 1865 et 1866.

Les opérations ont commencé en juillet 1865, elles ont duré jusqu'en automne, et ont eu lieu de même en 1866.

Digitized by Google

On a commencé par le nivellement du mont Chasseral, dans le Jura neuchâtelois, et on l'a raccordé au réseau français, à Morteau. On a exécuté ensuite les nivellements compris entre Genève, Neuchâtel et les lieux adjacents, ainsi que les lignes de Neuchâtel à Fribourg, de Bienne et de Fribourg à Berne. Le chapitre V de l'ouvrage contient le résultat détaillé de toutes ces opérations. Le résumé du calcul des erreurs commises, qui termine cette première livraison, donne les chiffres suivants :

1° Sur un terrain favorable, tel que celui de Genève à Morges, Neuchâtel et Bienne, l'erreur déduite d'un nivellement double, en tenant compte des diverses sections dont il se compose, a été, en moyenne, d'environ 6 dixièmes de millimètre par kilomètre, sur une longueur totale de 237 kilomètres pour les deux opérations.

2° Sur un terrain très-défavorable, tel que celui de Chufford au sommet du Chasseral, et de Chufford à Paquier, l'erreur moyenne par kilomètre, déduite d'un double nivellement, a été de $\pm 8^{mm},3$ sur une longueur de $21^{kil},4$ pour la double opération.

3° Sur un terrain favorable, tel que celui compris entre Genève, Morges, Lausanne, Fribourg, Neuchâtel, la Chaux-de-Fonds, et les points intermédiaires, l'erreur moyenne déduite de la clôture de trois polygones, en tenant compte de leur longueur, comprenant en tout 262 kilomètres, a été de $\pm 0^{mm},72$ par kilomètre.

4° Sur un terrain très-défavorable, de 31 kilomètres de développement, compris entre Pierrabot, Chaumont, Chufford et Paquier, l'erreur moyenne résultant de la clôture du polygone a été de $\pm 2^{m},56$ par kilomètre.

En somme, sur 500 kilomètres de lignes nivelées sur un terrain favorable, dans cette première série d'opéra-

Digitized by Google

tions, l'erreur moyenne par kilom. a été de $\pm 0^{mm},66$; cette même erreur a été de $4^{mm},77$ sur $55^{kil},7$ de lignes nivelées sur un terrain très-défavorable. Ces chiffres d'erreur, si inférieurs à la limite admise en principe, font bien ressortir le haut degré de précision auquel on est parvenu.

En 1866, on a nivelé environ 2 $^1/_2$ kilomètres par jour de travail effectif, et il y a eu 142 de ces jours. On a établi, sur les points principaux des opérations, 26 *repères fondamentaux*, consistant en des cylindres de bronze, de un décimètre de longueur et trois centimètres d'épaisseur, scellés verticalement au rocher ou à des bâtiments publics. Le cylindre se termine par une plaque horizontale polie, de 6 centimètres de diamètre, placée à fleur du rocher ou de la pierre, et portant les lettres N. F. (nivellement fédéral) avec un numéro d'ordre. La liste détaillée des points où sont établis ces repères est donnée dans cette livraison. Il y a eu encore 428 repères intermédiaires, tracés par l'ingénieur avec de la couleur noire sur des rochers, des bornes, des marches d'escaliers etc., en dessinant, au pinceau, un cercle de 6 à 8 centimètres, avec un point au milieu, à l'endroit où la mire avait reposé sur son éperon, avec un numéro d'ordre à côté du cercle, se rapportant à chacune des lignes du nivellement. On doit espérer que la plupart de ces points, dont la hauteur est ainsi déterminée avec une grande précision, seront marqués au ciseau par les soins des administrations cantonales.

Pour relier entre eux ces 454 repères, il a fallu 8332 stations des instruments, et 16664 coups de niveau, sur un parcours total de 660 kilomètres, ce qui donne, en moyenne, à peu près dix-huit stations entre deux repères

Digitized by Google

consécutifs à 80 mètres de distance, soit 40 mètres pour la distance moyenne d'un coup de niveau.

Travaux en 1867.

La seconde livraison de l'ouvrage, publiée en 1868, comprend d'abord l'exposition des travaux exécutés dans l'été et l'automne de 1867, par MM. Schœnholzer et Benz. Ils ont commencé par niveler une seconde fois la ligne de Fribourg à Berne, et celles de Saint-Imier, d'Aarberg et de Bienne à Berne. Puis ils ont entrepris le grand polygone de Berne à Bâle; le premier, en partant de Berne, et suivant la route d'Aarbourg, Olten, Aarau, Brugg, et Rheinfeld; le second, en partant de Sonceboz, et se dirigeant sur Bâle par le val de Moutier, Délémont et Laufen. Près de Bâle, M. Schœnholzer a rattaché par un double nivellement, dont l'allée et le retour s'accordent à 7 millimètres près, le réseau suisse à celui de France, en établissant un repère fédéral à Saint-Louis, comme on l'avait fait précédemment à Morteau. M. Benz, de son côté, a lié le repère de Bâle à l'échelle du Rhin, et a établi un repère fédéral à la gare badoise, au petit Bâle.

Il y a eu, dans cette campagne, 181 jours de travail, pendant lesquels les ingénieurs ont nivelé 100 kilomètres de contrôle (ou répétition de précédentes mesures) et 250 kilomètres de lignes nouvelles, ce qui correspond à une moyenne de 2 kilomètres par jour. On a fait placer, sur les nouvelles lignes, 18 repères de premier ordre en bronze, et 177 repères de second ordre, marqués à l'huile, ce qui fait 195 points fixes sur 250 kilomètres. La portée moyenne d'un coup de niveau a été de 44 mètres, les pentes ayant été, en général, moins fortes qu'en 1866.

Digitized by Google

On a examiné de nouveau avec soin les instruments, dont les constantes ont légèrement varié. De minutieuses recherches sur la longueur des mires, faites à Berne par M. le professeur Wild, en 1868, au bureau fédéral des poids et mesures, avec un nouveau comparateur construit exprès pour la vérification de longues règles, ont amené à constater un faible raccourcissement des deux mires, de un à deux dixièmes de millimètre par mètre. MM. Hirsch et Plantamour ont encore effectué, en 1868, des séries de comparaisons des deux mires sur le terrain, en diverses conditions atmosphériques, et ils y ont reconnu, en définitive, une variabilité dans les limites de $0^{mm},213$ par mètre pour l'une, et de $0^{mm},171$ pour l'autre. L'humidité doit jouer son rôle sur la longueur de mires en bois, et on peut admettre aussi un léger effet de courbure pour la modifier; mais ces Messieurs n'ont pas encore trouvé de relation directe entre les différences observées et l'une ou l'autre de ces causes de variation. Ils admettent que cette variabilité de longueur des mires constitue une des causes principales des erreurs du nivellement géométrique, cause qui égale, si elle ne dépasse, celle provenant des erreurs d'observation. Aussi ont-ils pris la moyenne de toutes les mesures de leur longueur respective, pour réduire, avec ces valeurs, toutes les opérations de nivellement. Dans les questions pratiques, les corrections qui en résultent n'ont aucune importance; car même, pour le Chasseral, l'erreur provenant de cette cause ne serait que d'environ 2 décimètres.

RÉSULTATS DES OPÉRATIONS DE 1866 ET 1867.

Le chapitre X de l'ouvrage comprend un tableau détaillé des résultats des opérations de 1866 et de 1867,

Digitized by Google

après l'application des corrections des mires aux chiffres obtenus par la lecture directe de l'échelle. Le chapitre suivant contient une discussion théorique, assez délicate, sur le calcul de la compensation des erreurs dans le réseau polygonal de nivellement de la Suisse occidentale.

Ce calcul était le premier de ce genre pour un nivellement géométrique. Son but était de trouver, pour chacun des côtés entrant dans le réseau hypsométrique, la correction qu'il faut appliquer à la différence d'altitude, obtenue directement par le nivellement effectué entre ses deux extrémités, pour que tous les polygones dont ce côté fait partie se ferment exactement. On a admis que l'exactitude des différents côtés des polygones était proportionnelle, soit à la racine carrée de leur longueur, soit à l'inégalité de leur relief, et on a introduit la condition que la somme des carrés des erreurs sur les différents côtés fût un *minimum*. En traitant, par la méthode des moindres carrés. le système des équations de condition formé par la clôture des divers polygones, on a trouvé pour la différence de niveau de chaque côté une première correction et l'erreur probable de cette correction. On a procédé ensuite à une seconde approximation, en prenant pour mesure de l'exactitude des différents côtés l'erreur moyenne de la correction obtenue dans la première approximation. On pourrait au besoin en faire une troisième, mais elle n'a pas été nécessaire pour amener une clôture suffisamment exacte des polygones[1]. Sur la ligne de Berne à Bâle, par

[1] MM. Hirsch et Plantamour ont dû suivre une autre méthode de correction pour le réseau du Jura neuchâtelois, mais je n'ai pu entrer ici dans le détail de son exposition. La variabilité de longueur des mires, sur un terrain très-accidenté, suffit pour rendre compte des erreurs dans les opérations, en n'évaluant les erreurs d'observation qu'à moins d'un millimètre par kilomètre.

Digitized by Google

Aarbourg et Brugg, longue de 155 kilomètres, l'erreur commise a été de 6 centimètres $^1/_2$ et l'erreur par kilomètre de 5 millimètres. C'est la plus grande de beaucoup, car pour sept autres côtés, ayant ensemble un développement de 322 kilomètres, l'erreur par kilomètre est au-dessous de 1 millimètre. L'erreur moyenne générale est à peine de 2 millimètres par kilomètre, et elle doit être, en très-grande partie, attribuée à la variabilité de longueur des mires.

Le chapitre XII de l'ouvrage, le dernier de la seconde livraison, renferme un tableau général de cotes des repèrées du nivellement de la Suisse occidentale, rapportées à la pierre du Niton. L'altitude la plus probable du repère de cette pierre, déduite de quatre points de raccordement sur la frontière française, est de 374 mètres 7 centimètres, soit d'environ 1 mètre de moins que celle adoptée dans la grande carte suisse.

J'ai extrait du Tableau les cotes d'un certain nombre de points principaux du pays, en ajoutant à chacune d'elles cette altitude, pour avoir les hauteurs de ces points au-dessus du niveau de la mer, en me bornant aux centimètres. Les hauteurs se rapportent à la surface du sol ou au seuil de l'entrée des édifices.

Tableau d'altitudes provisoires	Altitudes en mètres.
Saint-Louis (église), France, près de Bâle	254,78
Bâle (cathédrale)	270,48
Bâle (gare du chemin de fer Central suisse)	279,88
Rheinfeld (église), Argovie	273,79
Stein (hôtel de l'Aigle), canton de Schaffhouse	297,49
Brugg (caserne), Argovie	351,62
Laufen (maison d'École), canton de Berne	356,63
Genève (repère de la pierre du Niton)	374,07

Digitized by Google

Tableau d'altitudes provisoires (suite).

	Altitudes en mètres.
Genève (repère en bronze du limnimètre)	375,54
Genève (Observatoire)	404,62
Nyon (ancienne douane), Vaud	375,42
Rolle (hôtel de la Tête-Noire), Vaud	375,59
Morges (église)	376,09
Coppet (poste de gendarmerie)	377,69
Aarau (hôtel de ville)	389,49
Olten (gare), canton de Soleure	397,38
Aarbourg (église), Argovie	398,16
Délémont (église protestante), canton de Berne	428,41
Yverdon (église), Vaud	436,07
Neuchâtel (hôtel de ville)	438,77
Neuchâtel (Observatoire)]	486,92
Bienne (hôtel de ville), canton de Berne	439,89
Morat (maison d'école), canton de Fribourg	454,68
Aarberg (hôtel de la Couronne), canton de Berne	455,73
Langenthal (église), canton de Berne	481,34
Herzogenbuchsee (église), canton de Berne	492,55
La Sarraz (église), Vaud	499,53
Lausanne (cathédrale)	526,32
Moutier (maison Girod), canton de Berne	531,62
Berne (palais fédéral)	543,97
Berne (Observatoire)	572,14
Berthoud (hospice des orphelins), canton de Berne	547,14
Cossonay (église) Vaud	562,97
Fribourg (cathédrale)	588,66
Morteau (hôtel de ville), France, près du Locle	773,00
Romont (hôtel de ville), canton de Fribourg	782,60
St-Imier (cordon de la maison n° 14), canton de Berne	811,67
Pierre Pertuis (cime du col), Jura Bernois	827,64
Jorat vaudois (cime de la route), près Savigny	836,37
Locle (maison de la poste) canton de Neuchâtel	922,93
Chaux-de-Fonds (hôtel de ville), canton de Neuchâtel	989,35
St-Cergues (entrée du village du côté de Nyon), Jura vaud	1025,10
Chaumont (signal), Jura neuchâtelois	1172,03
Chasseral (signal), Jura neuchâtelois	1606,78

Digitized by Google

MM. Hirsch et Plantamour ne présentent pas ces valeurs comme étant définitives, scientifiquement parlant; mais elles sont d'une exactitude très-suffisante pour tous les usages civils.

TRAVAUX EN 1869.

La troisième livraison de l'ouvrage qui nous occupe, publiée au printemps de 1870, est relative aux travaux de nivellement exécutés en 1869. M. Schœnholzer, retenu jusqu'à la fin de l'année par d'autres engagements, n'a pas pu y coopérer, et c'est M. Benz qui y a été employé seul comme ingénieur.

Le projet, adopté pour cette année-là, était d'effectuer le nivellement du polygone comprenant Aarbourg, Lucerne, Arth, Schwytz, Einsiedeln, Zurich et Brugg, polygone ayant un développement de 182 kilomètres et qui aurait pu être terminé en trois mois. Mais, à peine M. Benz avait-il commencé les opérations, à partir du 25 juin, que M. Koller, ingénieur du Comité du chemin de fer projeté sur la route du Saint-Gothard, réclamait la prompte exécution du nivellement de cette montagne, qui est, pour ainsi dire, le nœud central osseux des Alpes Suisses, afin que cette opération fût utilisée pour les travaux de reconnaissance en vue du percement du grand tunnel. La commission géodésique ayant accédé à cette demande, M. Benz, occupé jusqu'au 22 juillet sur la ligne de Lucerne à Küssnacht, s'est rendu à Andermatt, pour aller de là par Hospenthal au Saint-Gothard, et descendre sur le revers italien jusqu'à Airolo et Giornico; revenant ensuite à Andermatt, il est redescendu, par Göschenen, jusqu'à Fluelen au bord du lac de Lucerne. Il a été, plus souvent qu'on n'aurait pu s'y attendre, contrarié dans ses opéra-

Digitized by Google

tions par un temps défavorable et surtout par des vents violents; mais il ne les a pas moins exécutées, à force de patience et de temps, et il est arrivé le 16 octobre à Fluelen.

Le nivellement de 1869 se compose ainsi de trois sections : l'une dans la plaine, d'Aarbourg à Zofingue, Sursee et Lucerne, longue d'environ 59 $^1/_2$ kilomètres ; les deux autres dans la montagne, d'Andermatt à Giornico d'un côté, par l'hospice du Saint-Gothard, Airolo et Faido; puis d'Andermatt à Fluelen de l'autre côté, par Göschenen, Wasen, Amsteg et Altorf, sur une distance totale de 95 $^1/_4$ kilomètres. Dans la section de la plaine, la différence totale de niveau n'a été que d'environ 504 mètres $^1/_2$, tandis que, sur la ligne du Saint-Gothard, la somme des montées et des descentes a été de 3824 mètres $^1/_3$, ce qui donne 85 mètres $^9/_{10}$ de différence de niveau par journée effective de travail.

On a établi 22 repères de premier ordre en bronze, distants en moyenne de 7 kilomètres, et 99 repères de deuxième ordre ; ce qui, sur une ligne de 155 kilomètres, constitue 121 points fixes, placés en moyenne à une distance l'un de l'autre d'un kilomètre et un tiers. L'ingénieur a compris aussi dans son nivellement 13 autres points, tels que les limnimètres du lac à Lucerne et à Fluelen, les repères précédents du comité du Saint-Gothard, etc.

On a fait, en 1869, une nouvelle détermination des constantes de l'instrument, ainsi que de la longueur des mires, et c'est le sujet qui est traité dans le chapitre 14 de l'ouvrage. Chacune des parties du niveau d'Ertel, qui correspondait à un arc de 2″,801 en 1866 et de 3″,026 en 1867, a été trouvée de 3″,096 en 1869, par la

Digitized by Google

moyenne de 30 mesures, ce qui prouve que la courbure de ce niveau continue à augmenter légèrement.

La distance relative des trois fils du réticule de la lunette a aussi sensiblement changé, probablement dans le nettoyage de l'instrument.

La connaissance exacte de la longueur des mires était d'autant plus nécessaire, que les différences de niveau étaient plus considérables.

Aussi on les a comparées, à deux reprises, soit avec l'échelle en fer du Bureau des poids et mesures à Berne, soit avec deux repères en bronze placés devant l'observatoire de Neuchâtel, dont la différence de niveau moyenne, résultant de 18 déterminations, est de $2^m,90514$. Les auteurs entrent à ce sujet dans de grands détails. Je me bornerai à dire ici que les deux mires se sont rapprochées, dans les dernières mesures, de leur longueur primitive en 1867. La variabilité moyenne d'un dixième de millimètre est restée la même, tandis que les plus grands écarts entre les valeurs individuelles s'élèvent à $0^{mm},285$ pour la mire n° 1, et à $0^{mm},302$ pour celle n° 2. La variabilité moyenne dans l'équation des deux mires, $\pm 0^{mm},021$ par mètre, n'est que la cinquième partie de la variabilité moyenne de chacune d'elles : d'où l'on peut conclure que les circonstances de température, d'humidité, etc., qui modifient la longueur des mires d'une mesure à l'autre, agissent à peu près de la même manière sur chacune d'elles.

Les deux dernières mesures ont donné, en moyenne, pour la longueur du mètre sur la mire n° 1, la seule employée en 1869. . . . . $1^m,000739$
tandis que la moyenne générale des mesures la donne de . . . . . $1^m,000641$

Digitized by Google

C'est cette dernière valeur qui a été adoptée pour la réduction du nivellement de 1869, la variabilité de longueur des mires ne paraissant point proportionnelle à la longueur du temps écoulé d'une comparaison à l'autre.

MM. Hirsch et Plantamour se sont décidés à publier les résultats du nivellement de 1869, sans attendre le contrôle que la clôture des polygones dont les lignes nivelées font partie fournira plus tard, afin de livrer le plus tôt possible aux ingénieurs du nouveau chemin de fer projeté les données dont ils peuvent avoir besoin; la probabilité d'erreurs de mètres ou même de décimètres, étant extrêmement faible, d'après l'expérience déjà acquise. Les tableaux des résultats obtenus font l'objet du XVme chapitre de l'ouvrage, qui est le dernier de la troisième livraison; mais les hauteurs des divers points nivelés relativement au repère de la pierre du Niton, ne s'y trouvent pas rapportées encore.

L'analyse rapide que je viens de présenter ici des premières années du grand travail de nivellement de la Suisse dirigé par MM. Hirsch et Plantamour, me semble propre à faire bien ressortir le mérite de cette œuvre, soit sous le rapport scientifique, soit sous celui de son utilité pratique. L'étude minutieuse que ces astronomes ont faite des instruments employés, de leurs vérifications successives, des corrections auxquelles elles donnent lieu et de tous les détails des opérations, me paraît devoir être fort instructive pour les ingénieurs qui en ont d'analogues à effectuer, la méthode polygonale qu'ils ont suivie le plus souvent, pour contrôler la précision des résultats, étant assez nouvelle.

M. le professeur Hirsch a été appelé, comme délégué

Digitized by Google

de la Suisse, à siéger dans les conférences géodésiques internationales qui ont eu lieu jusqu'ici, et les rapports déjà publiés sur ces conférences font voir qu'il y a joué un rôle intéressant.

Il est très-honorable pour la Suisse, de la voir en tête, pour ainsi dire, d'autres nations bien plus puissantes qu'elle, dans l'exécution de quelques parties de ces vastes travaux géodésiques récemment entrepris en Europe. Son relief, très-accidenté, les rend à la fois plus difficiles et plus importants qu'ils ne le sont dans des pays moins montueux.

On doit vivement désirer que ces travaux puissent se compléter dans notre patrie, et que les Conseils de la Confédération, en sentant tout le prix, veuillent bien continuer l'allocation des sommes destinées à leur achèvement. La Commission géodésique suisse, sachant combien sont limitées les ressources de nos budgets fédéraux pour les objets de ce genre, cherchera sûrement toujours à réduire ses demandes au strict nécessaire.

Alfred GAUTIER.

Digitized by Google

NOTE

SUR

DES STRIES GLACIAIRES

OBSERVÉES

SUR DES GRÈS DE FONTAINEBLEAU

DANS LES ENVIRONS DE PARIS

Par M. E. COLLOMB.

Le plateau de la Brie peut être figuré par un espace compris dans l'intérieur d'un triangle, dont l'un des côtés serait une ligne tirée de Paris à Fontainebleau, 55 kilomètres, un autre de Fontainebleau à Montmirail, 80 kilomètres, et le troisième côté, de Montmirail à Paris, 80 kilom., soit une surface d'environ 2000 kilom. carrés.

Ce plateau se compose d'une suite de plaines parfaitement dressées et nivelées, dans lesquelles les rivières se sont creusé des vallées dont la largeur ne dépasse guère, en moyenne, quelques kilomètres, ainsi, en commençant par l'ouest, on trouve l'Essonne, la Seine, la Yerres, le grand Morin, le petit Morin et la Marne; ces deux derniers cours d'eau limitent le bassin au nord. Ces eaux circulant en contre-bas, la différence de niveau entre les cours d'eau et le plateau est d'environ 40 mètres.

Il est surmonté par des buttes, des collines, de petites montagnes qui en interrompent la monotonie; elles surgissent parfois isolément au milieu de ces grandes plaines, elles ne s'élèvent guère au delà de l'altitude absolue de 140 à 150 mètres. Les rivières sont en moyenne à l'altitude de 40 mètres: le plateau à 80 mètres, et les buttes à 150 mètres. Ces dernières sont les points culminants de la contrée.

Digitized by Google

La pente générale du sol est faible : ainsi la Seine, à Fontainebleau, est à la cote 42 mètres, à Paris 30 mètres; sur le bord nord du plateau la pente n'est guère plus forte. Toutes ces rivières ont une tendance générale à couler dans la direction du nord-ouest. Les sillons, les ablations qui ont eu lieu pendant toute la série quaternaire sont coordonnés à cette même direction. Ces dénudations se poursuivent même au delà du plateau que nous considérons, elles traversent Paris et se prolongent jusqu'au bord de la mer, en passant par le pays de Bray.

La constitution géologique du plateau est connue de tous les géologues, la craie supérieure qui forme la base du bassin parisien n'y est visible nulle part, la série tertiaire n'y est pas complète ; les membres inférieurs, l'argile plastique, le calcaire grossier, les grès Beauchamp manquent, dans les berges des dénudations on trouve les affleurements du calcaire lacustre de Saint-Ouen, surmonté par les marnes vertes de Montmartre, le plateau lui-même est formé exclusivement de calcaire ou travertin de la Brie, couvert d'un manteau épais de limon des plateaux, donnant des terres de première classe à l'agriculture. Les buttes isolées sont des grès et des sables de Fontainebleau, en général le grès forme chapeau au sommet de la butte, et le sable en constitue la base. Au-dessus du grès de Fontainebleau qui est exclusivement marin, il y a un dernier dépôt qui est le calcaire et la meulière, lacustre de la Beauce, ce calcaire n'existe ici qu'en lambeaux, ce n'est que plus au sud, dans la direction d'Orléans qu'il prend un grand développement. Tous ces dépôts sont dans une position horizontale; on n'y a remarqué jusqu'à présent, ni failles, ni dislocations.

C'est sur une de ces buttes de grès que nous avons

Digitized by Google

vu des surfaces moutonnées et striées identiques à celles qu'on observe partout où le phénomène même des anciens glaciers a laissé des traces.

Ces stries ont été observées, en premier, par MM. Belgrand et Jacquot, ingénieurs, en faisant une visite aux travaux qui s'exécutent sur ce plateau pour mener les eaux de la Vanne à Paris. Elles avaient paru si inexplicables à ces Messieurs, que, après avoir communiqué le fait à la Société géologique, dans sa séance du 4 avril 1870, M. Belgrand engagea ses collègues à se transporter sur les lieux, pour observer d'abord, puis pour confirmer ou rejeter l'existence de stries glaciaires dans les environs de Paris [1].

Le point que nous avons visité se nomme la Padole, il est situé à 14 kilomètres au sud de Corbeil, à 8 kilomètres à l'est de la Ferté-Aleps. C'est un mamelon, coté 132 mètres sur la carte de France, composé de sable et grès de Fontainebleau ; le sable est à la partie inférieure, le grès forme calotte, et il est surmonté par des lambeaux de calcaire de la Beauce ; le tout reposant sur le travertin de la Brie, coté 79 mètres au pied de la butte. Sa hauteur, au-dessus de la plaine, est donc de 53 mètres.

Le sommet sensiblement horizontal, a une forme ondulée, usée, et on pourrait dire moutonnée, comme de Saussure le comprenait dans les Alpes. La surface est dégagée de sa couverture de gazon, de terre de bruyère ou de limon rouge, sur une étendue de 50 à 60 mètres, sur les points où les ouvriers se livrent à l'exploitation du grès.

[1] La petite expédition qui se transporta sur les lieux le 12 avril se composait de MM. Belgrand, Bourguignat, Delanoue, Moreau, Roujou, Tardy et moi, membres de la Société géologique, et de deux ingénieurs.

Digitized by Google

Cette surface, sans avoir besoin de l'examiner avec une grande attention, est sillonnée de nombreuses stries, sensiblement parallèles entre elles, elles sont parfois très-rapprochées, d'autres fois à la distance de quelques centimètres les unes des autres, leur longueur dépasse souvent 50 à 60 centimètres, quelquefois plus courtes, toujours en suivant les ondulations de la surface exactement comme les stries qu'on observe sur les roches qui ont été frottées par les glaciers. Lorsque ce grès est traversé par des fissures, les stries s'interrompent brusquement au bord de la lèvre pour reprendre ensuite leur direction normale, et quand il est couvert par le calcaire lacustre, les stries cessent de se montrer.

La direction de ces dernières est en moyenne orientée dans le sens du nord-nord-est, la force motrice qui les a produites s'exerçait dans la direction du sud-sud-ouest au nord-nord-est [1].

Autre exemple : A trois kilomètres au nord *de la Padole* se trouve une autre butte de grès de Fontainebleau, faisant suite au même massif, près du village de Champceuil. En explorant sur ce point une ancienne carrière abandonnée, nous avons remarqué sur le sommet de l'escarpement qui en forme le bord, un régime de stries en tout pareilles à celles que nous venions de voir. Le grès y forme un petit plateau dénudé, presque horizontal, légèrement ondulé comme le précédent; mais du côté du sud, il s'infléchit brusquement, on y remarque un couloir rétréci par le bas, s'évasant par le haut, à forte pente, les stries y sont fortement accentuées, elles remontent le

[1] Quelques échantillons de 30 à 40 centim. de côté, que les ouvriers armés de fortes masses ont réussi à détacher, seront, grâce à l'obligeance de M. Belgrand, offerts au Jardin des plantes.

Digitized by Google

long des parois du couloir et s'élargissent en éventail jusque près du sommet de l'escarpement.

La direction des stries, sur le plateau de cette seconde butte, est pareille à la première; elle court dans le sens moyen du nord-nord-est.

Voilà donc deux points sur lesquels nous avons remarqué ce phénomène; mais les employés de M. Belgrand, qui s'occupent de l'aqueduc de la Vanne, nous ont affirmé qu'il existe de ces stries sur un grand nombre d'autres buttes dans la forêt de Fontainebleau et ses environs,

En effet, MM. Julien et Roujou ayant fait une nouvelle exploration des localités voisines, ils y ont découvert des stries pareilles sur plusieurs autres points.

Les géologues qui ont observé des roches striées dans les Alpes, ne verront aucune différence sensible entre les unes et les autres.

A mon avis, il n'y a que les glaciers qui puissent produire ce phénomène, mais, si des glaciers ont existé dans cette partie de la France, nous nous sommes demandé où sont leurs moraines ? la réponse est facile : sur un pareil glacier il ne pouvait y avoir ni moraines superficielles, ni moraines frontales, il ne pouvait entraîner avec lui que des moraines de fond, des moraines profondes; les moraines médianes et latérales n'existent que sur les glaciers qui sont dominés par des pics supérieurs; ces sortes de dépôts ne se forment que par les éboulements et par le frottement énergique du glacier sur les parois qui l'encaissent. Ici la configuration topographique s'oppose à cette action, le glacier n'était encaissé nulle part. Si l'on prolonge la ligne de direction des stries, vers le sud-sud-ouest, cette ligne passe par Orléans, Poitiers, etc., nulle part elle ne rencontre de hautes montagnes, il n'y a donc pas lieu de s'étonner si

Digitized by Google

l'on ne rencontre pas de moraines; en tenant compte du relief du sol, elles ne pouvaient exister que dans des cas tout à fait exceptionnels. Si les moraines superficielles n'existaient pas, les moraines profondes ont pu néanmoins déplacer et transporter une masse considérable de matériaux, sans leur donner cette forme définitive de digue ou de barrage qu'on désigne ordinairement sous le nom de moraine.

Je dois ajouter que les galets striés qu'on a désignés il y a longtemps sous le nom de *fossiles caractéristiques* des glaciers, ne sont pas rares dans les dépôts de transport, dans le *drift* de nos vallées et de nos plateaux; on en trouve notamment dans le diluvium de Montreuil, là où M. Belgrand a récolté un si grand nombre de mammifères quaternaires.

D'un autre côté, la direction des stries, n'est pas en rapport avec le phénomène qui a façonné le relief actuel du pays; les rivières, les vallées, les dénudations du plateau de la Brie sont en moyenne orientées à peu près vers le nord-ouest, et les stries vont au nord-nord-est, dans une direction presque perpendiculaire, d'où l'on pourrait conclure que les vallées n'existaient pas encore lorsque ces stries se sont produites, parce que les glaciers, quelle que soit leur puissance, se moulent toujours sur le relief du sol, ils cheminent comme les rivières en suivant le thalweg existant. Si la vallée de la Seine, de l'Essonne, etc., eussent existé à cette époque, les glaciers auraient naturellement pris la direction nord-ouest. Le relief était donc différent de ce qu'il est aujourd'hui, leur date remonterait ainsi jusqu'au commencement de l'époque quaternaire, ou peut-être à la fin du pliocène.

Digitized by Google

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

P. Blaserna. Sullo sviluppo e la durata, etc. Sur le développement et la durée des courants d'induction et des extra-courants. (*Giornale di Scienze Naturali ed Economiche.* Palerme, 1870, vol. VI.)

Le Mémoire que M. Blaserna vient de publier sous ce titre étant trop long pour être reproduit en entier dans les *Archives*, nous nous bornons à donner ici les trois extraits qu'il a inséré lui-même dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences.*

Sur la graduation des galvanomètres [1].

« Dans mes recherches sur les courants d'induction et les extra-courants, il me fallait graduer plusieurs galvanomètres de sensibilités très-différentes, et je suis arrivé à des conclusions qui me paraissent présenter quelque intérêt.

« *Boussole des tangentes.* — La méthode employée consiste d'abord à comparer les indications de cet instrument à celles que l'on a par le *principe des sinus*, qui est mathématiquement exact; et pour les déviations au delà de 40 degrés, à observer l'action d'un courant constant d'une intensité donnée, et à doubler rigoureusement son action.

« Despretz, dans un travail sur le même sujet, a reconnu que le *principe des tangentes* n'est pas assez exact et a donné la formule suivante, qui représente, d'après ses expériences, l'intensité jusqu'à 80 degrés:

$$I = k\,(1 + a \sin^2\varphi) \tang \varphi,$$

formule dans laquelle I est l'intensité du courant, φ la dévia-

[1] *Comptes rendus* du 27 décembre 1869, t. LXIX, p. 1349.

Digitized by Google

tion observée, k une constante qui dépend de la sensibilité de l'instrument et de l'unité de mesure adoptée, et a est une fonction très-simple de la distance des pôles de l'aiguille et du diamètre parcouru par le courant.

« Or j'ai trouvé, pour une boussole construite par M. Sauerwald, à Berlin, que pour de grandes déviations cette formule ne suffit pas, et qu'il faut y ajouter encore un terme, ce qui donne

$$I = k\,(1 + a \sin^2\varphi + b \sin^4\varphi) \tang \varphi,$$

où a et b sont des constantes arbitraires qu'il faut déterminer empiriquement. J'ai trouvé encore que, par suite de petits défauts de symétrie, la boussole ne se comporte pas de la même manière pour les déviations à droite et à gauche, quand même on a centré avec soin la position de l'aiguille aimantée, comme on voit dans la table suivante :

	Formule approximative.		Formule complète.	
φ	tang φ	Despretz.	Droite.	Gauche.
0	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0,176	0,176	0,176	0,176
20	0,364	0,367	0,366	0,367
30	0,577	0,588	0,585	0,587
40	0,839	0,865	0,865	0,865
50	1,192	1,245	1,254	1,248
60	1,732	1,830	1,862	1,842
70	2,747	2,933	3,015	2,961

d'où il suit que :

« 1° Jusqu'à 25 degrés, le principe des tangentes est applicable ;

« 2° Jusqu'à 50 degrés, la formule de Despretz est suffisante ;

« 3° Au delà de cette limite, il faut recourir à une graduation empirique.

« *Boussole de M. Wiedemann.* — Elle est composée d'un miroir d'acier aimanté et de deux spirales mobiles, qu'on

Digitized by Google

peut placer à des distances variables. On déterminera l'angle de déviation à l'aide d'une échelle placée à distance et d'une lunette, d'après le principe de Gauss. Pour cet instrument, qui est très-exact et peut-être le plus commode de tous les galvanomètres, on a admis, jusqu'à présent, le principe des tangentes, les déviations qu'on mesure n'allant jamais au delà de quelques degrés.

« Or, en employant la même méthode comme auparavant, j'ai trouvé, par des expériences très-nombreuses et très-concordantes, que les écarts de ce principe sont assez notables et diffèrent selon la distance des spirales, comme on le voit sur la table suivante, dans laquelle la distance de l'échelle est de 137°,22; δ est la déviation, lue sur l'échelle, en centimètres; et φ est l'angle de déviation correspondant:

		Principes des tangentes.	Distance des spirales en centimètres.			
δ	φ		0	3	6	9
0	0°0′ 0″	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	2.5. 3	9,988	9,990	9,987	9,988	9,988
20	4.8.47	19,897	19,919	19,897	19,904	19,904
30	6.9.58	29,651	29,720	29,655	29,675	29,678
40	8.7.33	39,189	39,316	39,191	39,229	39,245
50	10.0.37	48,448	48,608	48,447	48,493	48,546

d'où l'on voit que:

« 1° Le principe des tangentes est applicable jusqu'à 5 degrés de déviation;

« 2° Pour des déviations plus fortes, il faut graduer empiriquement l'instrument pour chaque distance des spirales;

« 3° En employant, par exemple, le principe des tangentes, pour une déviation de 50 centimètres, soit de 10 degrés, à une distance nulle des spirales, on commet une erreur équivalente à 1^{mm},6.

« J'ai étudié plus particulièrement l'influence des spirales pour de grandes déviations, et j'ai trouvé que le principe des tangentes donne, à une petite distance, des valeurs trop pe-

Digitized by Google

tites ; qu'il devient exact pour la distance de 1°,7; qu'il donne des valeurs trop grandes entre 1°,7 et 5°,6, redevient exact pour cette dernière distance, et enfin donne des valeurs trop petites à des distances plus grandes encore. Les différences entre l'intensité réelle et le principe des tangentes sont exprimées en centimètres par les nombres suivants, pour des déviations de 50 centimètres, la distance de l'échelle étant de 137°,22 :

Distance des spirales.	Différences.
0	+0,166
1	+0,035
2	—0,015
3	—0,036
4	—0,061
5	—0,046
6	+0,045
9	+0,098

» Ces valeurs représentent donc une courbe qui rencontre deux fois, pour les distances 1,7 et 5,6, l'axe des abscisses. Quand il ne s'agit pas d'une exactitude extrême, on peut dire pratiquement que, entre les distances 1 et 6, le principe des tangentes est suffisamment exact; mais pour les distances plus petites et plus grandes, il faut graduer l'instrument. »

Sur la formation et la durée des courants induits[1].

« Si l'on fait tourner rapidement, avec une vitesse croissante de 4 à 25 tours par seconde, un interrupteur cylindrique, sur lequel appuient deux ressorts métalliques, on peut fermer et interrompre un courant primaire dans des intervalles de temps parfaitement définis. En ajoutant, sur le même axe, un second interrupteur, on peut faire de même pour un courant induit, produit dans une spirale ou une bobine par la fermeture ou l'interruption du courant pri-

[1] *Comptes rendus* du 20 décembre 1869, t. LXIX, p. 1296.

Digitized by Google

maire. L'expérience prouve que, en introduisant dans le circuit secondaire un galvanomètre, ses déviations sont constantes autant que la vitesse de rotation de l'interrupteur reste invariable, et qu'on peut faire fonctionner les contacts métalliques des ressorts avec une régularité satisfaisante, mais que la déviation change aussitôt que l'interrupteur change de vitesse.

« La déviation dépend de deux facteurs : du nombre des courants induits qui passent par le galvanomètre, et de l'énergie de chacun d'eux. Si l'on divise l'intensité correspondante à la déviation observée par le nombre des tours par seconde de l'interrupteur, le quotient représente l'effet produit en raison d'un tour par seconde, et est proportionnel à l'effet d'un seul courant. Cet effet est représenté par l'aire d'une courbe dans laquelle les temps sont les abscisses et les intensités sont les ordonnées.

« En faisant donc varier la vitesse de l'interrupteur, dont on détermine le nombre des tours par un moyen acoustique[1], et en observant chaque fois le galvanomètre, on trouve les temps pendant lesquels dure l'action du courant induit et les aires correspondantes. Cela suffit pour calculer les ordonnées et pour tracer la courbe du courant induit, inverse et direct, pourvu que l'on connaisse une valeur initiale ou finale, qui est ici toujours égale à zéro.

« J'ai fait construire sur ce principe, par M. Deleuil, un

[1] Le procédé auquel l'auteur fait allusion est, en effet, fort ingénieux; il consiste à adapter à l'axe de rotation de l'interrupteur différentiel une roue en fonte percée d'un certain nombre de petits trous circulaires placés tous sur une même circonférence. Pendant que l'appareil tourne, un aide souffle par un petit tuyau de caoutchouc sur ces petits trous et produit de la sorte une note dont la hauteur donne exactement la vitesse de rotation, étant connus le nombre des trous et le nombre des vibrations correspondant à la note rendue par cette espèce de syrène. La moindre variation dans la vitesse de rotation est également indiquée par un changement correspondant dans la hauteur du son rendu. (*Réd.*)

Digitized by Google

instrument, l'*interrupteur différentiel*, qui m'a permis d'apprécier les temps jusqu'à $\frac{1}{100000}$ de seconde et même moins, et à l'aide duquel j'ai étudié la formation des courants induits. Le courant induit était produit par l'action d'une spirale primaire sur une spirale secondaire : c'étaient des spirales de 70 millimètres de diamètre, composées de 15 tours de fil, qu'on pouvait placer à différentes distances l'une de l'autre, et entre lesquelles on pouvait interposer des disques d'une substance peu conductrice. De ces expériences qui seront publiées *in extenso* dans le *Giornale di Scienze naturali ed economiche*, de Palerme, on peut tirer les conséquences suivantes :

« 1. Le courant induit inverse se forme avec un certain retard après la clôture du courant primaire : ce retard dépend de la distance des spirales et de la nature du corps mauvais conducteur interposé.

« Ainsi on trouve que le commencement du courant est :

à 0,000167	de seconde	pour la distance	des spirales	1° ;
à 0,000208	»	»	»	2,3 ;
à 0,000290	»	»	»	4 ;
à 0,000380	»	»	»	2,3 avec gomme laque ;
à 0,000373	»	»	»	2,3 avec verre ;
à 0,000402	»	»	»	2,3 avec soufre.

« Les disques de gomme laque avaient une épaisseur de 1°,2 à 1°,3. L'induction emploie donc un temps appréciable pour se produire entre les deux spirales. En défalquant le premier nombre de tous les autres, on trouve que la vitesse de cet effet est :

Pour l'air, en raison de	270	mètres par seconde ;
Pour le verre	61	»
Pour la gomme laque .	57	»
Pour le soufre. . . .	52	»

« Dans quelques expériences préliminaires, insérées dans les *Comptes rendus*, t. LXV, je n'avais pas remarqué et je ne

Digitized by Google

pouvais pas remarquer ce retard, parce que j'avais employé une bobine où le fil inducteur et le fil induit se touchaient presque, et le retard était par conséquent inappréciable.

« 2. Le courant inverse, une fois formé, croît d'abord lentement, puis rapidement, arrive à un maximum dont la position dépend aussi de la distance et de la forme des spirales et du corps interposé; puis il diminue et se prolonge notablement, en allant indéfiniment vers zéro. C'est ce que montrent les valeurs suivantes des intensités, que je prends sur les courbes construites :

Temps en secondes.	Distances des spirales en centimètres. 1.	2,3	2,3 avec gomme laque.
0,00020	0,01	0,00	0,00
0,00030	1,00	0,70	0,00
0,00040	12,40	3,22	0,35
0,00045	17,47	4,92	1,63
0,00050	14,80	6,60	3,05
0,00055	8,60	6,68	4,61
0,00060	6,12	5,65	5,58
0,00070	3,60	3,68	6,00
0,00080	2,28	2,44	4,25
0,00100	1,11	1,30	2,10
0,00150	0,23	0,42	0,68

« 3. La courbe du courant inverse se prolonge notablement et s'approche en asymptote de l'axe des abscisses. A $1\frac{1}{2}$ millième de seconde, elle a encore des valeurs assez fortes, et il est probable que la durée totale est de $\frac{1}{100}$ de seconde. Mais il est difficile d'en saisir la fin, laquelle dépend, du reste, de la forme et des dimensions des spirales.

« 4. Le courant induit direct montre exactement les mêmes phénomènes. Il se forme aussi avec un certain retard, qui dépend de la distance des spirales et du corps interposé. Il arrive à un maximum, et se prolonge aussi en asymptote; mais tous les temps sont beaucoup plus courts,

Digitized by Google

presque la moitié de ceux du courant inverse, et l'intensité du maximum est, toutes choses égales d'ailleurs, plus que double.

« Les retards trouvés sont :

Pour l'air, en raison de 550 mètres par seconde.
Pour la gomme laque, 330 »

« Si l'on modifie la théorie de l'induction de MM. Weber et Felici en tenant compte de la vitesse, assez petite, avec laquelle l'induction se fait à distance, on arrive à des résultats qui sont sensiblement d'accord avec les faits observés. On trouve, par exemple, pour l'action d'un cercle du rayon r sur un cercle du rayon r', situé à la distance q, et les centres étant sur la même perpendiculaire, en posant

$$(r+r')^2+q^2=\Delta^2$$
$$(r-r')^2+q^2=\delta^2,$$

finalement

$$i=k\,\frac{dI}{dt}\,\frac{1}{vt^2}\sqrt{\Delta^2-v^2t^2}\,\sqrt{v^2t^2-\delta^2};$$

expression dans laquelle k est une constante, $\frac{dI}{dt}$ la variation du courant primaire, et v la *vitesse inductrice*. Cette formule donne une courbe qui commence à

$$t=\frac{\delta}{v},$$

arrive au maximum à

$$t=\frac{\Delta\delta}{v}\sqrt{\frac{2}{\Delta^2+\delta^2}},$$

i ayant la valeur

$$i=\tfrac{1}{2}k\,\frac{dI}{dt}\,\frac{\Delta^2-\delta^2}{\Delta\delta},$$

et finit à

$$t=\frac{\Delta}{v}.$$

« La ressemblance avec les courbes observées devient

Digitized by Google

majeure, si l'on calcule l'action de quinze spires sur quinze, ce qui était le cas de mes expériences. Mais une concordance parfaite ne pourrait se produire qu'en tenant compte de tous les facteurs qui entrent dans le phénomène. Le courant induit développe dans son propre fil un extra-courant, et réagit, pour le courant inverse, sur le courant primaire, pour lequel $\frac{dI}{dt}$ est une fonction très-complexe. C'est pour cela que j'ai cru nécessaire d'étudier expérimentalement la formation des extracourants, et j'aurai prochainement l'honneur de communiquer à l'Académie le résultat de ces recherches.

« Si l'on pense à la vitesse énorme avec laquelle l'électricité se propage dans les bons conducteurs, on est porté à attribuer les phénomènes électriques aux mouvements de l'éther. Mais, dans le vide, l'électricité ne se décharge pas : l'éther pur et simple ne peut donc vibrer électriquement. Afin qu'une vibration de l'éther puisse avoir le caractère électrique, la présence des molécules est nécessaire. Elles ne prennent qu'une part secondaire aux vibrations dans les bons conducteurs; mais dans les mauvais conducteurs elles y ont une part directe, et déterminent la vitesse de propagation. C'est le cas de l'induction dans l'air, pour laquelle on trouve une vitesse du même ordre que celle du son, et que celle qu'on peut calculer, d'après la théorie mécanique de la chaleur, pour le mouvement progressif des molécules. »

Sur l'état variable du courant électrique et les extra-courants [1].

« Pour déterminer les changements d'intensité du courant au moment de la fermeture et pendant son état variable, j'ai employé le procédé qui m'a déjà servi pour l'étude des courants induits (*Comptes rendus*, t. XLIX, p. 1296). On

[1] *Comptes rendus* du 24 janvier 1870, t. LXX, p. 154.

Digitized by Google

prend un interrupteur tournant avec une vitesse régulière, vitesse que l'on fait varier successivement de 4 à 30 tours par seconde. L'interrupteur est formé d'un cylindre de bois, portant à sa surface plusieurs plaques de laiton de largeur différente, sur lesquelles appuient deux ressorts métalliques. On s'arrange de façon que le courant soit fermé ou interrompu, selon que les ressorts touchent le métal ou le bois. L'expérience prouve qu'avec un instrument bien construit, tel que mon *interrupteur différentiel*, les contacts et l'isolation fonctionnent avec une régularité complétement satisfaisante, et qu'on peut fermer et interrompre le courant dans des intervalles de temps parfaitement définis. En employant un courant d'une pile de Bunsen, qui passe par une spirale inductrice et par un galvanomètre multiplicateur, on peut raisonner comme il suit:

« Si au moment de la fermeture le courant prend immédiatement son intensité normale, la déviation du galvanomètre doit être constante, quelle que soit la vitesse de l'interrupteur. Si, au contraire, aux premiers instants le courant a une intensité variable avec le temps, la déviation changera avec la vitesse de l'interrupteur, pourvu que la largeur de la plaque métallique soit petite et la vitesse assez grande.

« En général l'intensité correspondante à la déviation du galvanomètre, divisée par le nombre des tours par seconde, représente l'aire du courant, tandis que le nombre des tours et la largeur effective de la plaque déterminent le temps, c'est-à-dire l'abscisse. On mesure donc directement les abscisses et les aires d'une courbe, d'où l'on déduit les ordonnées, qui représentent les intensités aux divers instants. Voici les résultats auxquels je suis arrivé, en employant un circuit de 27 mètres de longueur, dans lequel j'intercalais encore le galvanomètre astatique, à fil gros et court, et une ou plusieurs bobines inductrices (sans fer doux).

« 1. La déviation diminue quand le nombre des tours par seconde augmente; ainsi j'ai trouvé, en employant la spirale qui a servi pour les courants induits :

Digitized by Google

Tours.....	5,79	6,23	7,21	7,75	8,40	8,88	9,19
Déviations	54°	53°	50°	48°	46,°5	45,°5	44°,5
Tours.....	10,58	10,84	12,12	14,65	17,78	22,22	27,20
Déviations.	33°	29°	17°	5°	3°	2°	1°

et la largeur de la plaque métallique étant 2°,7, on a

Temps....	1295	1204	1040	968	893	845	816
Aires.....	12,87	11,25	7,98	6,66	5,64	5,04	4,61
Temps....	709	692	618	512	422	338	276
Aires.....	2,24	1,80	0,858	0,209	0,105	0,056	0,023

les temps étant exprimés en millionièmes de seconde et les aires en unité arbitraire.

« On construit une courbe en prenant les temps pour abscisses et les aires pour ordonnées; on a ainsi la courbe des aires, laquelle a, entre $t = 0,000,700$ et $t = 0,000,900$, *une espèce de bosse* dont il faut absolument tenir compte. On calcule les intensités et l'on trouve :

Temps...	0	200	300	400	450	500	550	600
Intensités	0	140	250	550	1100	2050	4380	8100

Temps...	650	700	750	800	900	1000	1200
Intensités	13200	19400	29800	18100	12100	18400	18900

« D'où il suit que l'intensité monte d'abord lentement, puis rapidement, arrive à un maximum, puis descend jusqu'à un minimum et s'élève jusqu'à la valeur normale (18,900). *Le courant forme donc une oscillation avant d'arriver à sa valeur constante.*

« 2. Cette oscillation dépend de la *bosse* qui existe dans la courbe des aires, en ce sens qu'elle disparaît à mesure que disparaît la bosse. Pour s'assurer de l'existence des oscillations, il faut donc demander à l'expérience si la bosse existe réellement. J'ai employé pour cela des spirales plus puissantes, et j'ai trouvé non-seulement qu'elle existe d'une façon incontestable, mais aussi qu'il y en a plusieurs, successivement

Digitized by Google

décroissantes. Elles représentent des différences de 5 et même de 10 degrés de déviation, en ce sens qu'il faut fausser les expériences de quantités aussi fortes pour faire disparaître les bosses. A chaque bosse correspond une oscillation complète du courant. Ainsi, la spirale inductrice étant composée de deux bobines du rhéostat de M. Hipp, qui équivalent chacune à 1 kilomètre de fil télégraphique, j'ai trouvé les nombres suivants :

Temps....	0	200	250	300	320	340	360
Aires.....	0,000	0,035	0,068	0,219	0,435	0,710	0,839
Intensités.	0	350	950	5100	16500	11000	1900
Temps....	380	400	420	440	460	480	500
Aires.....	0,870	0,891	0,915	0,953	1,032	1,158	1,325
Intensités.	1150	1000	1350	2500	5400	7200	9500
Temps....	550	600	700	800	900	1000	1100
Aires.....	1,920	2,483	3,089	3,566	4,399	5,384	5,987
Intensités.	14300	8200	4800	5000	13300	6900	5650
Temps....	1200	1300	1400	1500	1600	1700	∞
Aires.....	6,616	7,613	8,763	9,671	10,429	11,252	»
Intensités.	7500	11800	10500	7800	7500	9000	8500

les temps étant toujours exprimés en millionièmes de seconde, les aires et les intensités en unité arbitraire.

« En construisant la courbe des aires et celle des intensités, on a donc quatre bosses très-marquées et *quatre oscillations complètes du courant*, sans être encore arrivé à la fin ; et je me suis assuré que les oscillations cessaient, dans ce cas seulement, à $\frac{1}{100}$ de seconde.

« 3. L'amplitude des oscillations diminue peu à peu, et les intervalles de temps entre un maximum et le suivant augmentent d'une manière très-marquée, jusqu'à ce que les oscillations se confondent avec la droite parallèle à l'axe des abscisses. Les oscillations ne surpassent pas le double de l'intensité normale et ne sont jamais négatives.

« 4. J'ai examiné aussi le cas d'un circuit sensiblement rectiligne, en employant un galvanomètre à un seul fil droit.

Digitized by Google

J'ai trouvé des oscillations presque insignifiantes que j'attribue à ce que le circuit était formé des fils doucement courbés et non rectilignes. Je crois pouvoir conclure de ces expériences que, dans les circuits rectilignes, les oscillations n'existent pas, mais que le courant monte doucement et directement jusqu'à sa valeur normale, conformément à la théorie de Ohm ou celle de M. Helmholtz.

« 5. Si dans le voisinage de la spirale inductrice on a une spirale secondaire fermée, le phénomène, par suite de la réaction de celle-ci, change. Le premier maximum du courant manque ou est notablement diminué : on le retrouve, pour ainsi dire, dans le fil secondaire sous forme de courant induit.

« 6. L'*extra-courant inverse* n'est pas autre chose que ce qui manque au courant pendant son état variable. Si l'on trace la courbe des intensités et si l'on transporte l'axe des abscisses parallèlement jusqu'à la valeur de l'intensité normale, la même courbe représente l'extra-courant. Il s'ensuit que l'extra-courant inverse est composé d'oscillations positives et négatives, c'est-à-dire *il est formé de courants alternatifs, qui se succèdent très-rapidement.*

« 7. L'*extra-courant direct* présente les mêmes phénomènes. Il est aussi composé de courants alternatifs ; mais les intensités *maxima* et *minima* sont beaucoup plus considérables, et les temps sont beaucoup plus courts.

« Ces expériences, qui seront publiées *in extenso* dans le *Giornale di Scienze naturali ed Economiche* de Palerme, conduisent à des résultats notablement différents de ceux qu'on admettait jusqu'ici. M. Guillemin a examiné la même question pour de longs fils télégraphiques ; mais il ne pouvait pas observer les oscillations, parce que son circuit était rectiligne (à l'exception de la spirale négligeable de son galvanomètre) et aussi parce que les temps qu'il observait étaient trop grands (de $\frac{2}{1000}$ de seconde), tandis que c'est entre 0 et $\frac{2}{1000}$ que se succèdent les principales oscillations.

Digitized by Google

« M. Helmholtz a aussi examiné expérimentalement cette question, et a conclu que la formule exponentielle

$$J = I\left(1 - e^{-\frac{t}{p}}\right)$$

représente le phénomène, J étant l'intensité variable avec le temps t, I l'intensité normale et p le potentiel de la spirale sur elle-même divisé par la résistance. *Dans cette courbe, il n'y a pas d'oscillations.* Il n'a pas mesuré directement J et t, mais deux aires, d'où il a déduit t au moyen de sa théorie, ce qui rend difficile la comparaison avec mes expériences. Cependant, en reprenant en détail ses observations des aires, et m'aidant de mes propres observations, je trouve, d'après ses résultats, pour la courbe des intensités, *deux oscillations tout à fait conformes aux miennes.* Il s'ensuit que *la théorie de M. Helmholtz, tant qu'il s'agit d'aires, représente une première approximation à la vérité ; mais elle conduit à des conclusions inexactes, quand il s'agit de la loi des intensités.*

« Dans la théorie des courants électriques, il faut tenir compte de deux causes bien distinctes : le courant se propage dans le circuit avec une vitesse énorme, qui rend ses effets pour ainsi dire instantanés ; l'induction, au contraire, se produit très-lentement, d'une spire à l'autre de la bobine inductrice. Supposons un courant au moment de la fermeture : toutes les parties du circuit, s'il n'est pas très-long, sont ébranlées instantanément. L'induction réagit lentement dans la spirale inductrice. Par suite de cette réaction, le circuit est modifié, mais toutes ces parties ont la *même phase*, parce que la modification apportée à un point du circuit se transmet aussitôt à tous les autres. La phase est donc la même et ne saurait être différente qu'à la condition que le circuit fût très-long, ainsi qu'il a été démontré par M. Weber. La différence entre les expériences du célèbre physicien et les miennes consiste en ceci : que M. Weber admettait l'existence théorique d'une onde électrique qui parcourt successivement à

Digitized by Google

grande vitesse le circuit, tandis que mes observations prouvent qu'il y a une série d'oscillations qui ont lieu dans tout le circuit et presque en même temps. M. Weber ne connaissait pas ces oscillations, et il en a mesuré seulement l'aire totale, tandis que j'ai réussi à les analyser et à en démontrer l'existence. »

Sir Charles WHEATSTONE. SUR UNE CAUSE D'ERREUR DANS LES EXPÉRIENCES ÉLECTROSCOPIQUES. (*Proceedings of the Royal Society*, avril 1870.)

Il est indispensable, si l'on veut tirer des conclusions exactes des indications fournies par un électroscope ou un électromètre, de bien se pénétrer des différentes sources d'erreur qui pourraient les faire mal interpréter. L'auteur, dans des expériences entreprises récemment sur la conductibilité électrique et sur l'induction, s'est trouvé plus d'une fois arrêté par des résultats en apparence très-embarrassants. C'est ainsi qu'il a remarqué que, de temps à autre, il se trouvait dans l'impossibilité de décharger son électromètre en le touchant avec le doigt, et qu'il lui était parfois indispensable, avant de commencer une nouvelle expérience, de se mettre en communication avec un tuyau à gaz qui aboutissait à son cabinet de travail. Au premier moment, il n'a pu comprendre par quelle raison il se trouvait ainsi chargé d'électricité, mais les observations et expériences suivantes lui fournirent bientôt une solution satisfaisante du phénomène.

« J'étais assis, dit-il, à une table près de la cheminée, ayant devant moi un électromètre de Peltier, et occupé à expérimenter sur des disques de substances différentes. Pour m'assurer qu'un disque en écaille, que je tenais à la main, était parfaitement sec, je me suis levé pour le chauffer quelques instants devant le feu. En le replaçant sur la plaque de l'ectromètre, j'ai remarqué, à ma grande surprise, qu'il se trouvait fortement chargé d'électricité, au point

Digitized by Google

de dévier l'aiguille de l'électromètre au delà de 90°. Plus tard, j'ai constaté qu'il en était de même de tout autre disque, soit métallique soit de toute autre substance que je présentais au feu. Ma première impression m'a conduit à supposer que l'électricité avait été développée par la chaleur du feu, mais je me suis bientôt aperçu qu'en plaçant le même disque en contact avec un vase d'eau bouillante, ou en le chauffant à la flamme du gaz d'éclairage, aucun effet électrique ne s'est manifesté. Plus tard, je pensai que l'effet produit pouvait dépendre d'une différence entre l'état électrique de l'air de la chambre et celui du haut de la cheminée; mais en me transportant dans la chambre adjacente, où il n'y avait pas de feu, j'ai constaté qu'il suffisait de rapprocher mon disque de la cheminée pour donner lieu à un développement d'électricité. Ce dernier fait semblait indiquer que les diverses parties de la chambre étaient électrisées d'une manière différente, mais j'ai acquis la preuve qu'il n'en était pas ainsi, en ce que, lorsque j'intervertissais la place où se trouvait l'électromètre et celle où le disque paraissait acquérir son électricité, la charge de l'électromètre restait également négative. Enfin, il ne me restait plus qu'à admettre que mon corps s'était électrisé pendant que je traversais la chambre, et cela malgré le soin que je prenais de marcher le plus doucement possible. C'est effectivement ce qui avait eu lieu; car en m'asseyant de nouveau devant la table, j'ai réussi, en raclant mon pied contre le tapis, à faire dévier à son plus haut point l'index de l'électromètre. Le phénomène se reproduit également lorsqu'on emploie l'électromètre à feuille d'or, et il a lieu par tous les temps, pourvu que l'air de la chambre soit parfaitement sec. »

La condition la plus essentielle, requise pour la réussite d'expériences de cette nature, consiste en ce que les souliers ou bottes de l'expérimentateur soient munis d'une semelle mince et parfaitement sèche. Voici alors ce qui se passe: — Le frottement de la semelle, contre le tapis, amène la sepa-

Digitized by Google

ration des deux électricités; le tapis devient positif, et la semelle de soulier négative. Le tapis étant un corps passablement isolant, empêche l'électricité positive de s'écouler dans le sol, tandis que la semelle, relativement bon conducteur, permet au fluide négatif de passer dans le corps. Le développement d'électricité est si considérable, que si trois personnes se tiennent par la main, et que, tandis que la première frotte le tapis avec son pied, la troisième touche l'électromètre du doigt, cet instrument se trouve aussitôt fortement chargé d'électricité. Il suffit même souvent d'approcher le corps ou la main de l'électromètre, pour lui communiquer à distance une charge par induction.

L'effet sur l'index de l'électromètre devient encore plus marqué, lorsque, après avoir frotté son pied contre le tapis, on le lève subitement en l'air. Cela tient à ce que, pendant l'instant du contact, les deux électricités se trouvent jusqu'à un certain point dissimulées, mais dès qu'on éloigne le pied du tapis, la totalité de l'électricité négative se trouve libérée et se répand dans le corps. Un simple choc momentané du pied contre le tapis fait avancer de plusieurs degrés l'index de l'électromètre, et il suffit de réitérer ce choc, pour amener une déviation de 30° à 40°.

L'auteur démontre, comme suit, les états électriques opposés du tapis et de la semelle de soulier. Le frottement donné, il éloigne aussitôt le soulier du tapis, et pose sur ce dernier un plan d'épreuve, savoir, un disque de métal muni d'un manche isolant. En transportant ce disque sur la plaque de l'électromètre, ce dernier acquiert aussitôt une forte charge d'électricité positive. Si on répète l'opération avec une semelle de soulier, la charge communiquée à l'électromètre est excessivement faible, attendu que la plus grande partie du fluide passe dans le corps.

L'électricité négative, développée par le frottement du cuir d'une semelle contre le poil animal, a été démontrée de la manière suivante: L'auteur pose sur la plaque de l'électro-

Digitized by Google

mètre un disque de cuir de semelle, et le frotte légèrement avec un pinceau à poils de chameau ; aussitôt l'électromètre acquiert une charge d'électricité négative, dûe principalement à un effet de conductibilité, par suite du pouvoir isolant très-imparfait du cuir. Différentes substances, telles que le caoutchouc, la guttapercha, et des plaques métalliques ont été substituées à la semelle de soulier, toujours avec le même résultat ; c'est-à-dire, que toutes communiquaient au corps de l'électricité négative. M. Wheatstone a remarqué que des bas de laine empêchaient en grande partie la transmission de l'électricité de la semelle de soulier ; aussi, dit-il, avoir constamment porté, pendant ces expériences, des bas de coton.

En substituant à l'électromètre un galvanomètre à long fil, tel qu'on l'emploie habituellement dans les expériences physiologiques, l'auteur a remarqué dans l'aiguille une déviation de plusieurs degrés

Déjà, en 1857, le professeur Loomis de New-York a annoncé à la réunion de l'Association britannique, qu'à New-York, par des hivers exceptionnellement froids et secs, on remarquait, de temps à autre, un développement de phénomènes électriques très-intenses dans des salles garnies de tapis épais, et chauffées par des poëles ou calorifères jusqu'à la température d'environ 21°C. Il a cité, entre autres, le cas d'une dame qui, en traversant un salon tapissé, tirait une étincelle d'un quart de pouce de long entre deux boules métalliques dont elle touchait l'une avec la main, tandis que l'autre était attachée au tuyau du gaz d'éclairage. Elle a pu ainsi allumer de l'éther, charger une bouteille de Leyde, et, suivant la nature de leur électricité, attirer ou repousser de petites boules de moelle de sureau [1]. Ces faits, auxquels dans le temps on n'a accordé qu'une médiocre confiance, ont été confirmés depuis par M. Loomis et par d'autres savants. Au fond, et sauf le degré d'intensité, ils sont d'accord avec

[1] Voyez *Silliman's American Journal of Science*, juillet 1858.

Digitized by Google

ceux observés par M. Wheatstone, avec cette différence cependant, c'est que les résultats obtenus par le professeur Loomis n'acquièrent le degré d'intensité indiquée, que lorsque la température de l'air extérieur se trouve fort au-dessous de zéro, la température de la chambre étant au moins de 21°; tandis que les faits observés par M. Wheatstone se vérifient par presque tous les temps, dans les conditions précédemment indiquées.

Édouard HAGENBACH. UNTERSUCHUNGEN UBER DIE OPTISCHEN, etc. RECHERCHES SUR LES QUALITÉS OPTIQUES DE LA MATIÈRE VERTE DES FEUILLES.

La matière verte des feuilles ou chlorophylle possède les propriétés les plus variées; elle est la cause première d'un très-grand nombre de phénomènes. Quelques-uns sont encore mal connus et offrent un sujet d'étude à la fois attrayant et fertile en résultats. C'est aux propriétés optiques de la chlorophylle considérée uniquement comme matière colorante extraite des feuilles, que s'est adressé M. Hagenbach. Ces propriétés se manifestent surtout sous deux formes caractéristiques : 1° La fluorescence d'après laquelle les rayons incidents sont transformés en rayons d'une réfrangibilité moindre. 2° L'absorption d'après laquelle une partie des rayons transmis à travers la solution de chlorophylle est absorbée et disparaît. Le travail de M. Hagenbach ne renferme, d'après ce qu'il dit lui-même, que les résultats pratiques de ses observations. L'auteur se réserve, après avoir étudié successivement différents corps fluorescents, de les comparer entre eux et d'en déduire quelques considérations d'une nature spécialement théorique. Pour le moment, je le répète, il s'est borné à constater des faits qui, avant lui, étaient encore enveloppés d'une certaine obscurité. Le grand perfectionnement des observations spectrales permet d'arriver à une exactitude mathématique, et l'auteur a pu, tant par ses

Digitized by Google

descriptions que par des figures, donner une idée très-nette des changements que subit le rayon lumineux sous l'influence de la chlorophylle.

M. Hagenbach a étudié les phénomènes de fluorescence en projetant à la surface d'un vase rempli d'une solution alcoolique ou éthérée de chlorophylle, un spectre solaire. Toutes les différentes parties de celui-ci étaient déviées de leur direction première, de manière à paraître rouges. La teinte n'était cependant pas uniforme sur toute la longueur du spectre; on y reconnaissait aisément des bandes d'une nuance plus vive. Ces bandes, au nombre de sept, de largeur et d'intensité différentes, représentent autant de maxima de l'action fluorescente. Leur position est parfaitement fixe et déterminée par leurs relations avec les lignes de Frauenhoffer.

D'un autre côté, le spectre d'absorption obtenu en observant directement une lame de solution verte avec le spectroscope, offre une série de bandes sombres qui en coupent les parties visibles. Celles-ci se réduisent à la partie située à gauche de la ligne de Frauenhoffer B, à deux bandes brillantes entre les lignes C et D, à une bande plus large entre les lignes D et E, et enfin à une bande également assez large entre les lignes E et F. Le spectre ainsi divisé offre sept lignes d'absorption bien visibles et correspondant aux sept maxima de fluorescence. La relation entre ces deux phénomènes est, dit M. Hagenbach, bien évidente. Les bandes d'absorption sont dues à la fluorescence qui détourne les rayons de leur route normale et les revêt d'une nuance différente (p. 18).

Enfin, ajoutons en terminant que la provenance de la chlorophylle ne paraît pas avoir d'influence sur ses propriétés optiques : quelle que soit la plante qui l'ait fournie, les phénomènes sont les mêmes. Par contre, les propriétés se modifient un peu dans une solution préparée depuis un certain temps, même lorsqu'elle a été soigneusement maintenue dans l'obscurité. M. M.

Digitized by Google

HIRN. NOTICE SUR LES VARIATIONS DE LA CAPACITÉ CALORIFIQUE DE L'EAU. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 21 mars 1870.) — LE MÊME. SECONDE NOTICE RELATIVE A LA CHALEUR SPÉCIFIQUE DE L'EAU VERS SON MAXIMUM DE DENSITÉ. (*Ibid.* 18 avril 1870.) — J. JAMIN. SUR L'EMPLOI DU COURANT ÉLECTRIQUE DANS LA CALORIMÉTRIE. (*Ibid.* 28 mars 1870.) — JAMIN et AMAURY. SUR LA CHALEUR SPÉCIFIQUE DE L'EAU ENTRE ZÉRO ET 100°. (*Ibid.*)

M. Regnault[1], ayant étudié les variations que la capacité calorifique de l'eau subit avec la température, avait reconnu qu'elle s'accroît à mesure que la température s'élève[2]; il avait trouvé en opérant jusqu'à 100° et même un peu au delà que cet accroissement peut s'exprimer par la formule suivante :

$$C = t + 0{,}00002t^2 + 0{,}0000003t^3$$

Dernièrement deux physiciens allemands, MM. Pfaundler et Platter ont repris cette étude en s'attachant spécialement aux températures voisines du maximum de densité de l'eau. Ils avaient cru pouvoir conclure de leurs expériences que la chaleur spécifique de l'eau, bien loin de suivre, comme on le croyait, une marche progressive et lente à partir de 0°, varie au contraire d'une manière tout à fait irrégulière aux environs du maximum de densité. Suivant les mesures de ces messieurs, la chaleur spécifique de l'eau commencerait par diminuer au-dessus de 0° et cela jusqu'à 1° 25 où elle atteindrait une valeur minima; à partir de là, elle augmenterait assez rapidement jusqu'à 6° 75 où elle passerait par une valeur maxima.

Les capacités calorifiques de l'eau à ces deux températures différeraient, suivant eux, de près de 20 pour 100.

[1] *Mémoires de l'Institut* (Académie des Sciences), tome XXI, p. 729.

[2] La chaleur spécifique de la plupart des liquides augmente notablement avec la température même au-dessus de 100 degrés.

Digitized by Google

Un fait aussi surprenant demandait à être vérifié. M. Hirn s'est chargé de ce contrôle et a repris cette question en substituant à la méthode des mélanges employée par MM. Pfaundler et Platter une nouvelle méthode imaginée par lui et que nous décrirons en deux mots.

Cette méthode consiste essentiellement, comme le dit M. Hirn, en ceci : « Ajouter successivement à une même masse d'eau des quantités égales entre elles de chaleur et mesurer l'accroissement de température produit par chacune de ces additions. »

Ces additions successives et toujours égales de chaleur s'effectuaient en plongeant dans l'eau sur laquelle on opérait un réservoir cylindrique en fer blanc de $0^m,04$ de diamètre et $0^m,15$ de hauteur, rempli d'eau (thermomètre-calorifère) et qui pendant le temps qu'il était ainsi plongé dans l'eau d'expérimentation se refroidissait entre des limites de température toujours les mêmes, pour une même série d'expériences.

Le vase cylindrique, en laiton très-mince, dans lequel se trouvait l'eau soumise à l'expérience, était renfermé dans une boîte en carton, doublée de drap intérieurement, surmontée d'un couvercle en bois laissant passer les thermomètres et le calorifère. De plus, la température de la chambre était toujours amenée à être à peu près égale à celle de l'eau. De la sorte, les déperditions de chaleur du calorimètre étaient réduites autant que possible et même complétement négligeables.

La mesure de l'élévation de température produite par les additions de quantités de chaleur égales entre elles se faisait approximativement d'abord à l'aide d'un thermomètre à mercure à division arbitraire ; exactement ensuite à l'aide d'un thermomètre à air. Ce dernier se composait d'un ballon de verre d'une contenance de 0 litre 55, dans le col duquel étaient scellés deux tubes, l'un en verre fermé par une soupape en caoutchouc permettant de faire communiquer à vo-

Digitized by Google

lonté le ballon avec l'air extérieur, l'autre capillaire en cuivre aboutissant à la partie supérieure d'un tube en cristal long d'un mètre, gradué en demi-millimètres, relié lui-même par sa partie inférieure à un réservoir en fer blanc contenant le liquide indicateur.

Lorsque la pression dans l'intérieur du thermomètre était égale à la pression atmosphérique, le liquide indicateur s'élevait dans le tube de cristal jusqu'au zéro de la division. Le réservoir en fer blanc était suffisamment grand pour que le niveau du liquide demeurât constant malgré les dépressions qui devaient se produire dans le tube divisé à chaque élévation de température.

Ces dépressions donnent la mesure exacte de l'élévation de température, étant connus : le volume du ballon, la section du tube métrique, la densité du mercure, celle du liquide indicateur à zéro, le coefficient de dilatation de ce liquide, le coefficient de dilatation cubique du verre du ballon, le coefficient de dilatation de l'air, la hauteur du baromètre au moment de la fermeture de la soupape, et au moment où l'on observe la dépression du liquide indicateur, enfin la température de ce liquide.

L'on peut opérer de trois manières différentes : ou bien rouvrir la soupape avant chaque addition de chaleur, de manière à ramener toujours la pression initiale de l'air du ballon à être égale à la pression atmosphérique ; ou bien laisser la soupape fermée pendant toute une série d'expériences ; ou bien encore, laissant cette soupape fermée, admettre que la pression atmosphérique demeure la même.

Le liquide indicateur a été d'abord de l'huile de schiste, ensuite de l'alcool.

A l'aide de ce procédé, M. Hirn a reconnu que la capacité calorifique de l'eau, dans les limites entre lesquelles il a opéré, croît lentement avec la température, plus rapidement cependant que cela ne résulterait de la loi admise par M. Regnault à des températures plus élevées. Ce résultat diffère

Digitized by Google

donc absolument de celui qu'avaient énoncé MM. Pfaundler et Platter, et M. Hirn s'est assuré que ces divergences dépassaient de beaucoup les erreurs possibles dans ses expériences.

En employant une méthode très-différente de celle de M. Hirn, MM. Jamin et Amaury sont arrivés à des conclusions absolument identiques. Leur procédé consistait aussi, il est vrai, à mesurer l'élévation de température produite par des additions égales de chaleur; celles-ci seulement étaient produites, non plus à l'aide du thermomètre calorifère, mais par l'action d'un courant électrique, parcourant pendant des intervalles de temps égaux un fil métallique enroulé en spirale autour du calorimètre. L'on avait soin d'enfermer le calorimètre et la spirale qui l'entourait dans une enceinte isolante et de plonger celle-ci dans un vase plein d'eau que l'on maintenait toujours à la même température que le calorimètre. Les expériences de MM. Jamin et Amaury, concordent entièrement avec celles de M. Hirn et n'ont donné aucune irrégularité aux environs du maximum de densité de l'eau.

Elles ont montré également que la chaleur spécifique de l'eau augmente progressivement avec la température, et qu'elle est plus considérable au-dessous de 100° qu'au-dessus.

M. Hirn a cherché s'il n'était pas possible d'expliquer la divergence existant entre ses résultats et ceux de MM. Pfaundler et Platter, par les conditions mêmes dans lesquelles ces deux séries différentes d'expériences ont été exécutées. Les deux physiciens allemands combinaient deux volumes d'eau, à des températures différentes, or il n'était pas évident que la température résultant de cette combinaison dût être absolument la même que celle que l'on obtient en plongeant dans l'eau un corps qui la réchauffe sans se mélanger avec elle. M. Hirn a vérifié, en répétant l'expérience de MM. Pfaundler et Platter avec son thermomètre à air, qu'elle donnait les

Digitized by Google

mêmes résultats que la première série d'expériences dont nous avons rendu compte. L'erreur des deux physiciens allemands ne tient donc point à une sorte de chaleur de combinaison de l'eau. E. S.

CHIMIE.

George GORE. SUR LE FLUORURE D'ARGENT. (*Proceedings of the Royal Society*, tome XVIII, p. 116.)

Ce mémoire, dont nous donnons l'extrait d'après les *Proceedings*, traite de la préparation, de la composition et des propriétés physiques et chimiques du fluorure d'argent.

Le sel en question a été préparé en traitant du carbonate d'argent avec un excès d'acide fluorhydrique aqueux dans un vase de platine, et en évaporant ensuite à siccité avec de grandes précautions, faute desquelles le sel obtenu renferme constamment une faible quantité d'argent métallique, et le plus souvent des traces d'eau et d'acide fluorhydrique. Différentes méthodes ont été employées pour en faire l'analyse. La méthode la plus commode pour déterminer la proportion de fluor consiste à évaporer à siccité, dans un ballon de platine, un mélange d'une solution aqueuse d'un poids donné du sel, avec un léger excès de chaux parfaitement caustique, et à soumettre ensuite le résidu à une chaleur rouge mat, jusqu'à ce qu'il ait cessé de perdre de son poids. On peut obtenir, par ce procédé, des résultats exacts. La réaction, dans cette méthode d'analyse, a lieu suivant l'équation, $2AgFl + CaO = CaFl_2 + 2Ag + O$. Les 16 parties d'oxygène chassé correspondent aux 38 parties de fluor restant. L'une des méthodes employées pour déterminer la quantité d'argent a consisté à faire passer de l'ammoniaque sec au travers du sel chauffé dans un tube à une température rouge mat. Les résultats obtenus par ces différents procédés d'analyse ont constaté que le fluorure d'argent pur est composé de 19 parties de fluor et de 108 parties d'argent.

Digitized by Google

Le fluorure d'argent se présente ordinairement sous la forme de fragments terreux d'un brun jaunâtre; mais lorsqu'il est rendu anhydre par la fusion, il prend l'aspect d'une masse noire calleuse, à surface brillante et satinée, due à la présence de particules d'argent libre. Il est très-déliquescent et très-soluble dans l'eau. Une partie de sel se dissout en 0,55 parties d'eau à la température de 15°,5 C., avec dégagement de chaleur et production d'une solution fortement alcaline. Il est presque insoluble dans l'alcool absolu. La densité du sel brunâtre à l'état terreux est de 5,852 à la température de 15°. Lorsqu'on laisse refroidir graduellement la solution saturée, il se produit un phénomène de sursaturation, et le sel se solidifie subitement dès qu'on y plonge un fragment de platine. La solution est susceptible de cristallisation, et fournit des cristaux d'un sel hydraté. Pendant la cristallisation, il se présente un phénomène singulier: c'est qu'une portion du sel se sépare à l'état anhydre et en apparence non cristallisé, le sel hydraté ayant pris la totalité de l'eau. Le fluorure fondu, lorsqu'on le laisse refroidir lentement, présente à sa surface des traces de cristallisation.

Le fluorure à l'état sec n'est pas décomposé par la lumière solaire; il se fond au-dessous de la chaleur rouge en un liquide d'un noir de jais éclatant. Il ne se décompose pas à la chaleur rouge; mais à l'état de demi-fusion ou de fusion complète, il se décompose rapidement par l'humidité de l'air, avec séparation de l'argent métallique. L'air sec ne le décompose pas. A l'état de fusion, il attaque légèrement les vases de platine, et beaucoup plus fortement ceux d'argent.

Le fluorure fondu entre des électrodes de platine, paraît conduire l'électricité avec la même facilité qu'un métal, et sans dégagement visible de gaz ou corrosion du pôle positif. Si on emploie une électrode positive en argent, elle se dissout rapidement; une électrode de charbon de bois (*lignum vitæ*) plus graduellement. Une solution saturée de

Digitized by Google

fluorure dans l'eau est aussi conductrice de l'électricité, et se décompose en déposant des cristaux d'argent sur l'électrode négative et une croûte noire de peroxyde d'argent sur l'électrode positive. En décomposant de l'acide fluorhydrique anhydre au moyen d'électrodes d'argent, l'électrode positive se trouve rapidement corrodée.

L'ordre électrique des différentes substances, agissant comme électrodes dans le sel fondu, a été le suivant, en commençant par la plus positive : argent, platine, charbon de bois (*lignum vitæ*), palladium, or. Dans une solution aqueuse, peu concentrée, l'ordre s'est trouvé être : aluminium, magnésium, silicium, iridium, rhodium, charbon de bois, platine, argent, palladium, tellure, or.

Le fluorure d'argent à l'état sec n'est pas décomposé par l'hydrogène, même à la lumière solaire. Il en est de même d'une solution aqueuse du sel, traversée par un courant d'hydrogène. Cependant l'hydrogène décompose rapidement le fluorure sec à la température rouge mat, et en sépare l'argent à l'état métallique. L'azote est sans action, soit sur le sel sec, soit sur sa solution aqueuse, même à la chaleur rouge. Le gaz ammoniaque sec est absorbé rapidement par le fluorure sec; dans une expérience, cette absorption s'est trouvée égale à 844 fois le volume du sel. Le fluorure fondu est rapidement décomposé par le gaz ammoniaque sec, et le métal libéré. Une solution saturée du sel est violemment décomposée, à l'instant même, par une solution concentrée d'ammoniaque dans l'eau.

L'oxygène est sans action sur le sel à 15°, et même à la température rouge; il en est de même d'une solution du sel dans l'eau. Le fluorure est décomposé complétement et rapidement par de la vapeur d'eau à la température rouge mat, et la totalité du métal est mise en liberté. Les oxydes d'azote sont sans action sur le sel fondu. En faisant passer de la vapeur d'acide fluorhydrique anhydre sur du fluorure fondu, aussi à l'état anhydre, on a acquis la certitude de

Digitized by Google

l'existence d'un sel acide. Une légère élévation de température suffit pour le décomposer.

L'auteur a fait de nombreuses expériences pour déterminer la nature de l'action du chlore sur le fluorure à l'état de fusion. Il a éprouvé de grandes difficultés, par suite de l'action fortement corrosive de ces substances, mises en présence à une température élevée. Des vases de verre, de platine, d'or, de charbon et de graphite purifié ont été successivement employés. Lorsqu'on chauffait le sel dans du chlore contenu dans des ballons fermés, partie en verre et partie en platine, le verre était toujours plus ou moins attaqué, et le chlore s'unissait au platine et au fluorure pour former un sel double, avec production d'un vide partiel. Le même phénomène se représentait si l'on chauffait le fluorure dans des vases composés en entier de platine. Le chlore était absorbé, avec formation d'un sel double et production d'un vide. Il en a été de même en se servant de ballons composés en partie d'or. En employant des ballons composés en partie de graphite purifié, l'auteur a obtenu un composé nouveau de fluor et de carbone.

H. Sainte-Claire Deville. Action de l'eau sur le fer et de l'hydrogène sur l'oxyde de fer. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, tome LXX, p. 1105. — *Ibid.*, p. 1201. — *Ibid.*, tome LXXI, p. 30.)

M. H. Sainte-Claire Deville vient de reprendre, avec les méthodes d'observation rigoureuses qu'il porte dans tous ses travaux, l'étude d'une réaction intéressante qui a souvent attiré l'attention des chimistes, savoir l'oxydation du fer par l'eau à une température élevée et la réduction inverse de l'oxyde de fer par l'hydrogène à la même température.

L'appareil qu'il a employé pour ses expériences d'oxydation du fer se composait essentiellement d'un tube en verre ou en porcelaine, contenant le fer métallique, et mis en com-

Digitized by Google

munication, d'une part avec un manomètre et une pompe de Sprengel; d'autre part, avec une cornue contenant de l'eau à une température déterminée. Le même appareil a servi aux expériences de réduction en introduisant dans le tube de l'oxyde de fer magnétique préparé par l'action de la vapeur d'eau sur le fer, et en le mettant en communication avec un appareil dégageant de l'hydrogène pur. L'observation consistait dans la mesure de la tension du gaz lorsqu'elle était devenue stationnaire, la température étant invariable. La force élastique de la vapeur d'eau étant déterminée par la température de l'eau dans la cornue, laquelle était toujours inférieure à celle de toutes les autres parties de l'appareil, il était facile d'en conclure la tension de l'hydrogène sec.

Ce qui donne surtout une grande valeur à ces expériences, c'est la détermination exacte et la constance des températures auxquelles était porté le tube dans lequel se passait l'action chimique, soit en le chauffant dans un bain d'huile ou de mercure, pour les basses températures, soit en le portant successivement à 360, 440, 860 et 1,040 degrés dans des appareils renfermant du mercure, du soufre, du cadmium ou du zinc en ébullition. Des températures plus élevées, allant jusqu'au point de fusion du fer, ont été obtenues par le chauffage direct des tubes dans la flamme de l'huile minérale.

Il résulte d'abord des expériences de M. Deville que la quantité de fer métallique soumis à l'action de la vapeur d'eau, ou celle de l'oxyde de fer mis en présence de l'hydrogène, n'exerce aucune influence sur le résultat de la réaction. Quelles que soient les proportions de ces corps, si la température ne change pas, on arrive toujours au même état d'équilibre entre la tension de l'hydrogène et la force élastique de la vapeur d'eau.

Cet état d'équilibre est aussi le même, si les températures sont les mêmes, que l'on fasse agir la vapeur d'eau sur le fer métallique, ou l'hydrogène sur l'oxyde de fer.

Digitized by Google

La décomposition de l'eau par le fer commence à se manifester à la température de 150 degrés, mais elle n'a lieu qu'avec une extrême lenteur. A 200 degrés elle n'atteint encore sa limite qu'après plusieurs jours et plusieurs nuits de chauffage non interrompu, mais plus la température s'élève, plus elle devient rapide. La tension devient constante à 360° au bout de quelques heures, à 860° en moins d'une heure, à une température très-voisine du point de fusion du fer en quelques minutes. L'absorption de l'hydrogène par l'oxyde de fer est aussi d'autant plus lente que la température est moins élevée.

Un autre résultat, plus inattendu que les précédents, est que plus le fer est porté à une température élevée, moins il décompose l'eau. Dans une série d'expériences où l'eau était maintenue à zéro, sa force élastique étant par conséquent de $4^{mm},6$, on a observé les résultats suivants :

Température du fer :		200°	Tension de l'hydne sec :		$95^{mm},9$
»	»	265°	»	»	$64^{mm},2$
»	»	360°	»	»	$40^{mm},4$
»	»	440°	»	»	$25^{mm},8$
»	»	860°	»	»	$12^{mm},8$
»	»	1,040°	»	»	$9^{mm},2$
»	»	1,600°	»	»	$5^{mm},1$

Si l'on élève la température de l'eau dans la cornue, de manière à augmenter la force élastique de sa vapeur, on voit augmenter en même temps la tension de l'hydrogène, mais non dans la même proportion. Plus la température du fer est élevée, moins est grande l'augmentation de tension de l'hydrogène comparativement à celle de la vapeur d'eau.

Pour mettre en évidence les variations qu'éprouvent ces proportions relatives, nous formerons, au moyen des expériences rapportées par l'auteur, un tableau comparatif des résultats obtenus à 0° et à une seconde température plus élevée et qui a varié de 10°,6 à 19°. Ce tableau indique :

Digitized by Google

1° La température du fer pour chaque couple d'expériences ;

2° Pour chaque couple d'expériences :

La force élastique de la vapeur d'eau, e et e',

La tension finale de l'hydrogène sec h et h' ;

Le rapport $r = \frac{h}{e}$ et $r' = \frac{h'}{e'}$ des tensions de l'hydrogène et de la vapeur d'eau ;

3° Enfin le rapport $r' = \frac{r'}{r}$ qui établit la variation que subissent les proportions relatives de l'hydrogène et de la vapeur d'eau lorsque la tension de celle-ci augmente, la température du fer demeurant invariable.

Température du fer.	Tension de l'eau. e	Tension de l'hydrogène sec. h	Rapport des tensions. $r = \frac{h}{e}$	Rapport. $r' = \frac{r'}{r}$
200°	m 4,6	95,9	20,848	0,965
	9,7	195,3	20,134	
265°	4,6	64,2	13,956	1,073
	15,7	235,1	14,974	
360°	4,6	40,4	8,783	0,915
	9,5	76,3	8,031	
440°	4,6	25,8	5,609	1,022
	10,1	57,9	5,732	
860°	4,6	12,8	2,783	0,661
	13,0	23,9	1,838	
860° *	4,6	12,8	2,783	0,656
	12,7	23,2	1,827	
1040°	4,6	9,2	2,000	0,752
	12,7	19,1	1,504	
1040° *[1]	4,6	9,4	2,043	0,667
	12,7	17,3	1,362	
1600°	4,6	5,1	1,109	0,647
	16,3	11,7	0,718	

[1] Les deux expériences marquées * ont été faites en réduisant l'oxyde de fer par l'hydrogène, toutes les autres en faisant agir la vapeur d'eau sur le fer métallique.

Digitized by Google

M. Deville annonce que ces résultats ont une expression mathématique très-simple qu'il développera lorsqu'il aura un nombre d'expériences assez grand pour déterminer ses constantes avec quelque précision.

Il est curieux de voir que, jusqu'à la température de 440°, le rapport des forces élastiques de la vapeur d'eau et de l'hydrogène semble ne dépendre que de la température du fer et nullement de la proportion absolue de la vapeur d'eau, tandis qu'à des températures plus élevées cette proportionnalité ne se maintient plus. Mais il est évident qu'il faudrait pouvoir faire varier dans des limites plus étendues la force élastique de la vapeur d'eau pour reconnaître si les mêmes relations se conserveraient.

Nous espérons bien que M. Deville poursuivra ses intéressantes recherches et qu'il les étendra, comme il l'annonce, à l'action que d'autres métaux exercent sur l'eau. Depuis longtemps ce savant éminent a pris à tâche de remplacer par des mesures rigoureuses et par des lois précises l'observation vague des réactions chimiques et les explications approximatives, fondées bien souvent sur l'hypothèse de forces inconnues ou dont on ne peut apprécier le mode d'action. Ses belles expériences sur les dissociations et celles qu'elles ont inspirées à plusieurs de ses disciples et de ses imitateurs ont enrichi la science depuis quelques années d'un grand nombre de faits précis, qui serviront un jour de base à l'établissement des lois mathématiques de la statique chimique.

Nous en sommes encore loin sans doute. Qui pourrait s'en étonner quand on pense que, pour des phénomènes physiques bien plus simples, mais qui résultent au fond de l'action des mêmes causes et donnent lieu, par conséquent, à des résultats analogues, comme M. Deville s'attache depuis longtemps à l'établir, pour les phénomènes relatifs à la formation des vapeurs, les physiciens sont forcés de se contenter de formules empiriques et ignorent encore la loi mathématique rationnelle qui permettra de les calculer.

Digitized by Google

Mais plus le but à atteindre est éloigné, plus les travaux qui peuvent nous en rapprocher ont d'importance, et, à ce point de vue, celui dont nous venons de rendre compte a une grande valeur.

On peut dire sans doute que les expériences de M. Deville confirment entièrement l'explication qui a été généralement donnée de ces réactions inverses du fer sur l'eau et de l'hydrogène sur l'oxyde de fer et qui a été énoncée par Gay-Lussac et appuyée par M. Regnault[1]. Mais quelle que fût l'autorité de ces deux savants, cette théorie ne reposait jusqu'ici que sur une hypothèse. Elle est maintenant fondée sur des observations rigoureuses. La science gagne plus à la démonstration d'une théorie ancienne, mais qui ne reposait que sur des hypothèses, qu'à la création d'une théorie nouvelle, quelque brillante qu'elle soit, si elle n'est pas elle-même basée sur des preuves rigoureuses. L. M.

Carl Engler et Otto Nasse. Sur l'ozone et l'antozone. (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, tome CLIV, 215.)

Les expériences décrites dans ce mémoire ont eu pour but de rechercher s'il existe réellement, outre l'ozone, comme l'ont admis Schœnbein, Houzeau, Meissner, etc., une troisième modification allotropique de l'oxygène, celle qui a reçu le nom d'antozone.

Ce corps peut être obtenu principalement par deux méthodes : 1° d'après Schœnbein et Houzeau, par l'action de l'acide sulfurique concentré sur le bioxyde de baryum ; 2° d'après Meissner, en même temps que l'ozone, par l'électrisation de l'oxygène par les étincelles d'induction. C'est surtout à ce dernier procédé que les auteurs ont eu recours.

Lorsque l'oxygène électrisé traverse une dissolution concentrée d'iodure de potassium, qui, suivant Meissner, absorbe

[1] *Annales de chimie et de physique*, 2me série, tome LXII, p. 372.

Digitized by Google

l'ozone et non l'antozone, et qu'après cela on le fait arriver dans de l'eau, la présence de l'antozone se manifeste par la production d'eau oxygénée dans l'eau, et d'un brouillard qui se forme au-dessus de la surface de l'eau, d'où le gaz s'échappe. M. Meissner admet que l'antozone s'est formé en même temps que l'ozone, par l'électrisation de l'oxygène, tandis que M. de Babo, qui a du reste confirmé les expériences précédentes, pense qu'il n'a pris naissance qu'au moment de l'absorption de l'ozone par l'iodure de potassium.

Les expériences suivantes prouvent la vérité de cette dernière opinion.

Si l'on interpose entre la dissolution d'iodure de potassium et l'eau au-dessus de laquelle le brouillard doit se former, un tube de 30 centimètres de longueur et 1 centimètre de diamètre, rempli de fragments d'un alliage de zinc et de sodium, la formation du brouillard n'en éprouve aucune diminution. Cet alliage n'absorbe donc point l'antozone. Or, si l'on dispose ce même tube immédiatement à la suite de l'appareil d'électrisation, il fait disparaître l'odeur et la réaction de l'ozone, et en même temps celles de l'antozone.

D'un autre côté, un tube de $1^m,3$ de longueur, rempli de chlorure de calcium, fait complétement disparaître l'antozone du gaz qui a traversé la dissolution d'iodure de potassium, tandis qu'il n'intercepte point le passage de l'ozone; or, si l'on place ce tube à la suite du tube à électrisation, de manière à enlever l'antozone qui aurait pu se former par l'électrisation, et à ne laisser que l'ozone, puis, si l'on conduit le gaz au travers de l'iodure de potassium, il présente, après cela, la propriété de déterminer un brouillard au-dessus de l'eau, aussi fortement qu'avant l'interposition du chlorure de calcium.

Ainsi, l'antozone ne se forme point en même temps que l'ozone par l'électrisation de l'oxygène, mais seulement au moment où l'ozone est détruit.

La proposition inverse n'est pas également vraie. Il ne se

Digitized by Google

forme point d'antozone lorsque la destruction de l'ozone est produite par l'alliage de zinc et de sodium, par l'amalgame de sodium, ou, comme l'a déjà signalé M. de Babo, par l'iode, c'est-à-dire par les seuls corps jusqu'ici connus comme capables d'absorber l'ozone sans l'intervention de l'eau. L'absorption par l'iode peut bien donner lieu à la formation d'un brouillard, mais il est facile de s'assurer qu'il est dû à la production d'acide iodique.

Ainsi la production de l'antozone n'a jamais lieu que lorsque l'ozone est détruit en présence de l'eau; dans ce cas, comme M. Meissner l'a montré, suivant le degré de concentration de la dissolution qui a déterminé cette destruction, le brouillard peut se former immédiatement au-dessus de cette dissolution, ou lorsque celle-ci est très-concentrée, seulement après que le gaz a traversé une couche d'eau.

D'ailleurs, l'antozone peut se produire, non-seulement lorsque l'ozone disparaît par l'action d'un corps réducteur, mais aussi lorsqu'il se détruit en réduisant certains peroxydes, par exemple le bioxyde de baryum et l'eau oxygénée.

Les circonstances dans lesquelles se produit l'antozone et l'examen de ses propriétés éminemment oxydantes vis-à-vis de certains corps, puisqu'il transforme l'eau en eau oxygénée, ce que ne peut point faire l'ozone, tandis qu'il n'oxyde ni les azotites, ni l'iodure de potassium, ni l'acide pyrogallique, donnent beaucoup de probabilité à l'opinion émise par MM. de Babo et Weltzien que ce corps n'est pas autre chose que l'eau oxygénée elle-même.

Les auteurs trouvent la preuve de cette supposition dans ce fait que si, après avoir absorbé la plus grande partie de l'eau contenue dans le gaz qui renferme l'antozone, par son passage au travers d'un tube d'une faible longueur, renfermant des fragments de potasse caustique, on le fait passer ensuite au travers de tubes refroidis à —20°, il perd complétement la propriété de pouvoir déterminer un brouillard au-dessus de l'eau, et l'on trouve, condensées dans ces tubes, des

Digitized by Google

gouttelettes d'un liquide qui a toutes les propriétés de l'eau oxygénée.

Il paraît donc que, lorsque l'ozone se détruit en présence de l'eau, une partie de l'oxygène peut se combiner avec la vapeur d'eau pour former de l'eau oxygénée en vapeur qui est entraînée par le courant d'oxygène, et détermine, par sa condensation, un brouillard lorsqu'elle arrive dans une atmosphère plus chargée de vapeur d'eau.

Cette théorie semble contredite par ce fait que, pour détruire l'antozone contenu dans le gaz oxygène par l'action de la chaleur, il faut porter les tubes que ce gaz traverse jusqu'à la température de 170°, ce qui paraît peu conciliable avec l'instabilité attribuée à l'eau oxygénée. Mais Schœnbein a déjà montré qu'une dissolution étendue d'eau oxygénée peut être distillée sans se décomposer; MM. Engler et Nasse ont constaté que cette dissolution peut être maintenue pendant $^1/_2$ heure à 160° sans que la proportion d'eau oxygénée paraisse diminuer.

On pourrait encore objecter la difficulté qu'on éprouve à faire disparaître l'antozone en faisant passer le gaz au travers de substances susceptibles de décomposer l'eau oxygénée, comme l'amalgame de sodium, le peroxyde de manganèse, etc. Mais cette résistance s'explique par le mélange de l'antozone avec une très-grande masse d'un gaz étranger, et est tout à fait conforme aux difficultés que l'on éprouve pour enlever à l'air les dernières traces de vapeur d'eau ou d'acide carbonique. On peut d'ailleurs constater que l'antozone finit par disparaître complétement par un contact suffisamment prolongé avec ces substances.

MM. Engler et Nasse ont aussi dirigé leurs recherches sur la nature du gaz contenu dans l'oxygène dégagé par l'action de l'acide sulfurique concentré sur le bioxyde de baryum, et qui a été signalé d'abord par M. Houzeau, comme étant de l'ozone, puis par Schœnbein, comme de l'antozone. Leurs expériences leur font admettre que ce gaz renferme à la fois ces

Digitized by Google

deux principes, c'est-à-dire de l'ozone et de l'eau oxygénée.

La présence simultanée de ces deux corps n'est pas en contradiction avec le fait connu de la décomposition réciproque qu'ils exercent l'un sur l'autre, car les expériences des auteurs montrent que cette décomposition exige un contact très-prolongé pour être complète.

La théorie de l'identité de l'antozone et de l'eau oxygénée fait nécessairement tomber l'ingénieuse hypothèse de Schœnbein, sur l'existence de deux groupes opposés de composés oxygénés, les ozonides et les antozonides, susceptibles de se décomposer réciproquement et caractérisés par des propriétés essentiellement différentes, telles que celle de donner lieu, en présence de l'acide chlorhydrique, les premiers à un dégagement de chlore, les seconds à la formation d'eau oxygénée. Mais les recherches de MM. Brodie et Weltzien ont déjà montré que cette distinction n'était point suffisamment justifiée.

Le peroxyde de baryum peut, dans certaines circonstances, donner du chlore en présence de l'acide chlorhydrique, il en est de même de l'eau oxygénée concentrée, bien que ces deux composés appartiennent au groupe des antozonides. L'acide hypochloreux et de peroxyde de plomb se décomposent réciproquement avec dégagement d'oxygène ordinaire, il en est de même du bioxyde de baryum et de l'eau oxygénée; cependant, les deux premiers corps sont des ozonides, et les deux derniers des antozonides.

H. Topsoe. Sur quelques sels du bichlorure de palladium. (*Bulletin de la Société royale danoise des sciences*, 1869, n° 4.) Extrait par l'auteur.

Entre autres exemples des analogies qui existent entre le platine et le palladium, Berzélius mentionne, comme on sait, les sels doubles que leurs bichlorures forment avec les chlorures de potassium et d'ammonium, sels peu solubles et

Digitized by Google

à cristallisation régulière auxquels il attribue une composition analogue, sans que cependant il ait fait aucune analyse des combinaisons du palladium [1].

Comme il n'est pas sans intérêt de savoir jusqu'où va l'analogie entre le platine et le palladium, j'ai essayé de préparer quelques sels doubles du bichlorure de palladium d'après la méthode suivie pour les sels doubles du bichlorure de platine; mais, par suite de la rareté du métal, j'ai dû limiter cette série de recherches à un très-petit nombre de combinaisons, lesquelles toutefois sont si caractéristiques, qu'elles ne laissent pas le moindre doute sur la parfaite conformité qui règne entre ces deux métaux.

Pour préparer ces sels doubles, on dissout le palladium dans de l'acide azotique, et évapore en ajoutant de l'acide chlorhydrique en excès, jusqu'à ce que l'acide azotique ait été chassé par le chlore. Cette solution traitée par le chlorure de potassium ou d'ammonium, laisse déposer un précipité cristallin qu'il suffit de laver à l'eau froide pour avoir à l'état de pureté les sels doubles $PdCl^4.2KCl$ ou $PdCl^4.2AmCl$. Quant aux autres sels doubles facilement solubles, on les obtient en traitant la solution de bichlorure de palladium saturée de chlore par les chlorures des métaux correspondants, et en la faisant ensuite évaporer lentement sur de l'acide sulfurique à la température ordinaire; il faut seulement avoir soin, à cause du peu de stabilité de ces sels, de maintenir la liqueur saturée de chlore pendant la durée de l'évaporation.

Tous les sels doubles de bichlorure de palladium sont très-instables; ceux qui contiennent des métaux de la série du magnésium laissent dégager du chlore lorsqu'on les conserve, ou qu'on les dissout dans l'eau, tandis que ceux qui renferment des métaux alcalins ne se décomposent que lorsqu'on chauffe leurs solutions. Il se forme alors les sels dou-

[1] Après avoir terminé ce travail au printemps de 1869, j'ai vu dans le *Journal für prakt. Chemie* (104, 64), que M. Croft avait analysé le sel double de potassium.

Digitized by Google

bles du protochlorure de palladium qui ont été décrits antérieurement par Bonnsdorff.

Tous les sels du bichlorure de palladium se distinguent par une belle couleur rouge cramoisi qui rappelle celle des sels doubles de bibromure de platine. Ils sont bien plus solubles que les combinaisons correspondantes du platine.

$Pd\,Cl^4 . 2\,Am\,Cl$. Octaèdres réguliers avec de petites faces d'hexaèdres. Densité, 2.418.

$Pd\,Cl^4 . 2\,K\,Cl$. Octaèdres réguliers avec des faces d'hexaèdres. Densité, 2.738.

$Pd\,Cl^4 . Mg\,Cl^2 + 6\,H^2\,O$. Très-déliquescent. Combinaisons d'un rhomboèdre de 127° et d'un prisme hexagonal du 2° ordre. Densité, 2.124.

$Pd\,Cl^4 . Ni\,Cl^2 + 6\,H^2\,O$. Très-déliquescent. Même forme cristalline que la combinaison du magnésium. Angle du rhomboèdre 127° 14′. Densité, 2.353.

$Pd\,Cl^4 . Zn\,Cl^2 + 6\,H^2\,O$. Complétement isomorphe avec les deux précédents. Angle du rhomboèdre 127° 10′. Densité, 2.359.

Tous ces sels à 6 équivalents d'eau sont entièrement analogues avec les combinaisons correspondantes du platine, de sorte que le palladium, pour ce qui concerne la formation des chlorures doubles, se comporte aussi de la même manière que le platine, et peut être rapporté comme lui au groupe du silicium et de l'étain. L'analogie entre le platine et le palladium ressort assez clairement de la comparaison établie dans le tableau suivant entre les volumes atomiques de leurs combinaisons :

	Volumes atomiques.		Volumes atomiques.
$Pd\,Cl^4 . 2\,Am\,Cl$	147,1	$Pt\,Cl^4 . 2\,Am\,Cl$	148,6
$Pd\,Cl^4 . 2\,KCl$	145,3	$Pt\,Cl^4 . 2\,K\,Cl$	136,2
$Pd\,Cl^4 . Mg\,Cl^2 + 6\,H^2O$	212,6	$Pt\,Cl^4 . Mg\,Cl^2 + 6\,H^2O$	222,6
$Pd\,Cl^4 . Ni\,Cl^2 + 6\,H^2O$	206,7	$Pt\,Cl^4 . Ni\,Cl^2 + 6\,H^2O$	206,3
$Pd\,Cl^4 . Zn\,Cl^2 + 6\,H^2O$	208,9	$Pt\,Cl^4 . Zn\,Cl^2 + 6\,H^2O$	214,8

Digitized by Google

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Prof. W. Waldeyer. L'ovaire et l'œuf. (*Eierstock und Ei*, 1 vol. in-8°, avec 6 pl. Leipzig, 1870, Engelmann.) — W. Koster. Onderzoek omtrent de vorming, etc. Recherches sur la formation des œufs dans l'ovaire des mammifères après la naissance et sur les relations de l'ovaire et du péritoine. (*Verslagen en Mededeel. d. Kon. Akad. van Wetenschapen.* Afd. « Natuurkunde » 2 Reeks. Deel III, 1868.) Le même. Het epithelium, etc. L'épithélium de l'ovaire. *Nederlandsch Archief voor Genees- en Natuurkunde.* Utrecht, 1870, Deel V., p. 256.) — Ed. van Beneden. Recherches sur la composition et la signification de l'œuf, 1 vol. 4°, Bruxelles, 1870. Extrait du tome XXXIV des *Mém. couronnés et Mém. des Sav. étr. de l'Acad. de Belgique.* — Em. Dursy. La bandelette primitive de l'embryon du poulet. (*Der Primitivstreif des Hühnchens.* Lahr 1867, 8°, et 3 pl.)— W. His. Recherches sur les premiers rudiments du corps chez les vertébrés. (*Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbelthierleibes*, 1 vol. 4°, avec 12 pl. Leipzig, 1868, Vogel.)—Peremeschko. Ueber die Bildung, etc. Sur la formation des feuillets blastodermiques dans l'œuf de poule. (*Sitzbrcht. d. Akad. zu Wien*, B^d VII, 1868.) — D^r van Bambeke. Recherches sur le développement du pélobate brun. (*Acad. de Belgique*, Mém. couronnés, tome XXXIV, 1868, avec 5 pl.) — A. Goette. Untersuchungen, etc. Recherches sur le développement du Bombinator igneus. (*Archiv für mikrosk. Anatomie*, Band V, 1869, p. 90, avec 2 pl.) — C. Kupffer. Beobachtungen, etc. Observations sur le développement des poissons osseux. (*Ibid.* B^d IV, p. 209-272, avec 3 pl.) — Rieneck. Ueber die Schichtung, etc. Sur la stratification du blastoderme chez les truites. (*Ibid.* B^d V, p. 356.)

Parmi les différents travaux publiés récemment sur la genèse de l'œuf, il faut signaler en première ligne les ouvrages de M. Waldeyer et de M. Édouard van Beneden. Ce sont, en

Digitized by Google

effet, là les traités les plus complets qui aient paru sur ce sujet depuis le célèbre article *ovum* de M. Allen Thomson dans la *Cyclopædia of Anatomy and Physiology*, publiée par MM. Todd et Bowman. Ces ouvrages tiennent largement compte de l'histoire de la science et renferment en outre, surtout (au moins pour les Vertébrés) celui de M. Waldeyer, une riche série d'observations nouvelles.

Tous les anatomistes enseignent que l'ovaire de l'homme et celui de tous les mammifères est revêtu par le péritoine, comme les autres organes abdominaux. Il a été seulement reconnu par quelques-uns que l'épithélium de cette partie du péritoine est semblable à celui d'une muqueuse et n'a point le caractère d'endothélium [1] du reste de la surface péritonéale. Et pourtant cette opinion si accréditée est erronée. M. Waldeyer et M. Koster sont arrivés simultanément et d'une manière entièrement indépendante à reconnaître que le péritoine s'arrête tout autour de l'ovaire et que ce dernier est totalement dépourvu de revêtement péritonéal. Ce fait est bien remarquable, car, abstraction faite de la muqueuse du *morsus diaboli*, l'ovaire est le seul organe placé dans l'intérieur du sac péritonéal.

Le *morsus diaboli* et l'ovaire se comportent donc exactement de la même manière relativement au péritoine. La cause en est du reste la même dans les deux cas. Il persiste à ces deux places un véritable épithélium de muqueuse dès les premiers temps de la vie embryonnaire; il n'y a donc jamais en ces points de couche de tissu connectif à nu, pouvant se revêtir d'une couche endothéliale. Il est tout naturel de supposer une connexion primitive entre ces deux surfaces épithéliales, et de la chercher dans la frange décrite par

[1] On se souvient que la distinction entre les épithélium des membranes muqueuses et les endothélium des membranes séreuses, et en général des cavités closes, a été établie par M. His. Cette distinction est tellement nette et si nécessaire au point de vue histologique, qu'elle est adoptée par tous les anatomistes, malgré les arguments étymologiques qu'on pourrait faire valoir contre le terme d'*endothélium*.

Digitized by Google

M. Henle, sous le nom de *fimbria ovarica*, frange qui s'étend jusqu'à l'ovaire. M. Waldeyer trouve que chez l'homme l'épithélium vibratile du sillon de la frange s'étend presque jusqu'à l'ovaire et, dans quelques cas exceptionnels, il a constaté sa continuité avec l'épithélium cylindrique de l'ovaire. Chez d'autres mammifères, cette continuité paraît être la règle : ainsi chez le Lapin et chez les Kangourous. Il paraît y avoir d'ailleurs de grandes variations individuelles à cet égard. Chez les oiseaux, les relations de l'ovaire et du péritoine sont de même nature. Il en est au fond de même chez les reptiles et les poissons ; toutefois la grande diversité que présente la conformation des ovaires chez les vertébrés inférieurs, nous empêche d'entrer dans des détails à cet égard. Le résultat essentiel est que chez aucun vertébré le péritoine ne recouvre réellement l'ovaire.

Soit M. Koster, soit M. Waldeyer, soit enfin M. van Beneden confirment sur les points principaux le mode de genèse des follicules de Graaf tel qu'il a été exposé par M. Pflüger ; cependant tous ces auteurs paraissent contester aux boyaux de Pflüger[1] toute membrane propre, et ces boyaux folliculiformes doivent donc être considérés comme de simples cylindres de cellules. M. Waldeyer est disposé à admettre, comme cela a été souvent soutenu, qu'il ne se forme dans la règle, chez l'homme et les mammifères, point de follicules de Graaf, ou au moins point d'ovules, après la naissance. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'à l'âge adulte on observe dans l'ovaire des boyaux de Pflüger semblables à ceux de l'embryon. M. Waldeyer est pourtant obligé d'admettre une exception pour le lapin, tout en constatant que, chez des lapins de même âge, l'un offre ces prolongements épithéliaux en grand nombre, tandis que l'autre en est dépourvu. Cette exception à la règle a lieu de surprendre et il ne faut pas perdre de vue que M. Koster avait constaté des variations tout à fait semblables chez les chiens aussi bien que chez les lapins. Le

[1] A proprement parler *boyaux de Valentin et de Pflüger*, puisque M. Valentin les avait déjà aperçus il y a de longues années.

Digitized by Google

savant hollandais a basé sur cette variation même, l'opinion qu'il y a bien production d'ovules après la naissance, mais d'une manière périodique. Cette opinion déjà soutenue par M. Pflüger, n'est pas suffisamment réfutée par les nouvelles recherches de M. Waldeyer. Sa légitimité semble admise par M. Ed. van Beneden.

Il résulte des travaux de M. Waldeyer que, soit les œufs, soit les cellules épithéliales des follicules de Graaf, descendent directement de l'épithélium superficiel de l'ovaire. Les boyaux de Valentin et Pflüger n'existeraient point primitivement dans l'ovaire, mais seraient le résultat d'une invagination de l'épithélium de la surface. Le phénomène de la production des follicules de Graaf consiste essentiellement dans la pénétration réciproque des prolongements de l'épithélium et du stroma de l'ovaire. Dans les cellules ainsi englobées par le stroma, il s'établit de bonne heure déjà une différenciation entre les ovules primitifs et ce qui sera plus tard les cellules épithéliales des follicules. Il n'y a donc pas de différence fondamentale entre les œufs primordiaux et les cellules épithéliales des follicules. Les uns comme les autres dérivent de l'épithélium de la surface de l'ovaire, dans lequel on voit déjà apparaître des ovules dès les premiers temps de la vie embryonnaire, même avant la formation des boyaux de Valentin et Pflüger.

Nous croyons cette découverte de l'origine des boyaux de Valentin et Pflüger parfaitement bien établie, d'autant plus que M. Koster est arrivé à peu près au même résultat. M. van Beneden qui ignore l'origine première de ces boyaux et qui se contente de considérer avec M. Pflüger l'ovaire comme une glande primitivement tubuleuse, M. van Beneden, disons-nous, est peu disposé à reconnaître l'identité primitive des ovules et des cellules épithéliales. Il fait naître les ovules sous la forme d'une masse protoplasmique, logée au fond du boyau folliculaire, et tenant en suspension des vésicules qui constitueront plus tard autant de vésicules germinatives. Cette description est sans doute parfaitement exacte, mais il

Digitized by Google

n'en résulte point que cette masse protoplasmique ne puisse pas être considérée comme résultant de la fusion d'un grand nombre de cellules épithéliales, dépourvues de membrane et, partant, mal délimitées.

M. Pflüger croyait au contraire que le fond des boyaux est occupé par des cellules-mères des œufs et il a décrit ces cellules comme donnant naissance par bourgeonnement à une série d'œufs qui formeraient une véritable chaîne. Pour M. van Beneden les jeunes œufs sont primitivement tout à fait confondus les uns avec les autres par leurs corps protoplasmiques. Cette masse protoplasmique se délimite peu à peu autour des vésicules germinatives et ceci s'opère par la formation de sillons apparaissant à la surface du protoplasma entre deux vésicules consécutives. Ces sillons, en progressant vers le centre de la chaîne, finissent par isoler les œufs. Au fond, la différence entre ces deux manières de voir n'est pas aussi grande qu'elle le paraît au premier abord et il s'agit plutôt d'une diversité d'interprétation basée sur des images identiques. L'interprétation de M. van Beneden a l'avantage de ramener complétement l'oogenèse des mammifères aux phénomènes observés dans les diverses classes du règne animal. L'analogie est surtout frappante avec les faits observés chez les Nématodes, et les chaînes d'œufs des mammifères correspondent parfaitement aux séries d'œufs, portés sur un rachis commun, que l'on a observées chez un grand nombre de ces Helminthes. Relevons un fait curieux au point de vue historique: M. Pflüger croyait trouver un argument très-fort en faveur de son interprétation, dans l'analogie des phénomènes d'oogénèse décrits par M. Meissner chez les Nématodes. Aujourd'hui que les observations de M. Meissner sur ce sujet ont été entièrement réfutées par MM. Claparède, Munck, Schneider et Leuckart, nous voyons M. van Beneden s'appuyer sur les observations de ces savants relatives à l'oogénèse de ces mêmes vers nématodes, pour corroborer son interprétation de la formation des œufs chez les mammifères.

L'oogenèse des oiseaux a fait le sujet de nouvelles recher-

Digitized by Google

ches approfondies qui ne paraissent pourtant pas avoir résolu le problème d'une manière définitive. On sait qu'il existe deux manières bien différentes d'envisager l'œuf des oiseaux. Dans l'une, dont l'origine remonte à Baer, Meckel von Hemsbach et M. Coste, la cicatricule de l'œuf d'oiseau arrivé à maturité serait seule comparable à l'ovule des mammifères. Cette opinion a été surtout formulée avec précision par M. Allen Thomson et M. Ecker. Aux yeux de ces savants tout le vitellus, tant blanc que jaune, doit être considéré comme une production de l'épithélium du follicule, qui se dépose peu à peu autour de l'œuf primordial. L'autre manière de voir, qui repose sur le terrain de la théorie cellulaire, a été défendue par Rudolph Wagner, M. Leuckart, M. Kölliker et surtout M. Gegenbaur. Elle parallélise l'œuf d'oiseau dans sa totalité à l'ovule des mammifères et ne voit dans les éléments vésiculeux du premier qu'un développement particulier des granules vitellins.

Les nouvelles recherches de M. His semblent parler en faveur de la première opinion, et le savant bâlois, malgré ses points de vue nouveaux, suit les traces de Meckel et d'Allen Thomson. Au contraire, M. Waldeyer fournit de nouveaux arguments en faveur de la seconde manière de voir et se place en somme au point de vue de M. Gegenbaur. La question reste donc toujours pendante, mais il n'en est pas moins intéressant de résumer en peu de mots les principaux arguments fournis en faveur de ces deux thèses opposées.

Selon M. His, les plus petits follicules ovariques de poules qui n'ont pas encore pondu, renferment chacun un œuf primordial, composé d'un *vitellus principal* ou *archilécithe (vitellus de formation* des auteurs) et de la vésicule germinative. Ce vitellus principal est entouré directement des cellules épithéliales du follicule (*Granulosazellen* de His). Il est formé d'une substance fondamentale gélatineuse dans laquelle sont semés les granules vitellins proprement dits. La couche périphérique est dépourvue de granules, comme l'a déjà vu M. Gegenbaur, et se présente sous l'apparence d'une zone

Digitized by Google

claire désignée par M. His sous le nom de *couche zonoïde* ou de *cuticule*. Plus tard apparaissent les premières traces du *vitellus accessoire* ou *paralécithe (vitellus de nutrition* des auteurs.) M. His fait dériver ce vitellus secondaire des cellules épithéliales du follicule qui se multiplient et s'accumulent autour du vitellus principal. Ces cellules qui se dilatent et deviennent transparentes, forment les éléments vésiculeux du vitellus et immigrent jusque dans l'intérieur du vitellus principal. Par suite de cette pénétration, le vitellus principal est pour ainsi dire réduit en fragments et il n'en subsiste plus qu'une partie relativement petite, comme reste de l'œuf primordial, entourant la vésicule germinative sur un point du vitellus total. C'est la cicatricule. Cette immigration des cellules épithéliales dans le vitellus n'entraîne point la destruction de la couche zonoïde ou cuticulaire; elle a lieu au travers de cette couche, de telle sorte qu'à la fin de l'oogenèse la couche cuticulaire continue de subsister comme une membrane enveloppant toute la masse du vitellus, tant principal qu'accessoire. Elle s'endurcit et devient la membrane vitelline.

L'interprétation donnée par M. Waldeyer aux phénomènes d'oogenèse chez les oiseaux, s'éloigne notablement de cette description de M. His. Il trouve, il est vrai, l'ovule primordial constitué de la même manière que ce dernier. C'est, comme chez les mammifères, une simple cellule composée de protoplasma, de noyau et de nucléole, mais dépourvue de membrane. Ce fait paraît bien établi, car il est d'accord avec les observations précédentes de M. Gegenbaur, et M. van Beneden vient d'arriver au même résultat. L'épithélium du follicule forme tout autour de cet œuf primordial une couche de cellules cylindriques. M. Waldeyer représente l'ovule comme séparé de cette couche épithéliale par une membrane, rayée de stries rayonnantes dans son épaisseur, membrane qu'il désigne sous le nom de *zona radiata*. Cette membrane correspond bien au fond à la couche zonoïde de M. His, mais elle est interprétée par M. Waldeyer d'une manière si particulière

Digitized by Google

qu'elle mérite un nom spécial. La désignation de membrane n'est du reste pas fort heureuse. Il s'agit en effet d'une couche qu'il n'est possible d'isoler par aucun moyen de préparation. Cette couche se divise facilement en petits éléments fibrillaires très-fins qui semblent surgir comme des cils vibratiles du protoplasma des cellules cylindriques de l'épithélium folliculaire. L'autre extrémité de ces *pseudocils* paraît se résoudre en fins granules pour constituer la couche moléculaire corticale du vitellus. Ce phénomène rend compte de la formation du vitellus accessoire en tant que produit de l'épithélium du follicule. Dans les très-jeunes follicules, où la *zona radiata* manque encore, les parties constitutives du protoplasma de l'épithélium se résolvent en granules qui forment par un gonflement ultérieur les éléments blancs du vitellus. Plus tard l'apparence change dans une certaine mesure, le protoplasma de l'épithélium du follicule se métamorphosant à son extrémité interne en une masse relativement compacte : la *zona radiata*. Mais cette masse se détruit à mesure par une résolution en granules, pour former la couche moléculaire du vitellus accessoire. Elle se reforme en arrière dans la même proportion qu'elle se détruit en avant, de manière à conserver la même apparence. Lorsque la formation du vitellus est terminée et que la plus grande partie des éléments blancs se sont transformés en éléments jaunes, la *zona radiata* se transforme en membrane vitelline. On voit que M. Waldeyer ne saurait, pas plus que M. Gegenbaur, se ranger à l'opinion de ceux qui voient de vraies cellules dans les vésicules du vitellus, opinion qui est pour tant encore défendue par M. His. M. Ed. van Beneden se prononce aussi contre la nature cellulaire de ces éléments.

L'œuf des oiseaux n'est donc pas aussi différent de celui des mammifères pour M. Waldeyer que pour M. His. Le premier de ces savants cherche à établir que chez tous les vertébrés les œufs ovariques entièrement développés ne sont jamais de simples cellules. Ils sont formés d'abord de l'œuf primordial, cellule dont le protoplasma peut fort bien porter

Digitized by Google

le nom de *vitellus principal* imaginé par M. His, puis de parties accessoires qui sont : le vitellus accessoire et la membrane vitelline. Ces parties sont des produits directs de l'épithélium du follicule. A ce point de vue, il existe, il est vrai, une différence entre le type d'oogénèse des mammifères et celui des autres vertébrés, mais cette différence n'a qu'une importance secondaire. Elle consiste en ce que, chez les mammifères, une partie seulement de l'épithélium du follicule, à savoir le disque proligère prend part à la formation des éléments accessoires de l'œuf; tandis que, chez les autres vertébrés, ce rôle est dévolu à la totalité de l'épithélium.

M. Waldeyer a cherché à étendre les résulats obtenus chez les vertébrés à tout le règne animal. Bien que ses observations personnelles sur les invertébrés n'aient pas été extrêmement nombreuses, il croit pouvoir en conclure, par la comparaison avec les travaux d'autres auteurs, que dans tout le règne animal, l'œuf primordial est une simple cellule épithéliale; mais partout cet ovule primordial se complique du dépôt de parties accessoires, et l'œuf ovarique définitif n'est nulle part une simple cellule.

Tel est aussi le résultat auquel est arrivé M. Ed. van Beneden, au moins pour ce qui concerne la nature complexe de l'œuf ovarique définitif. Relativement à la nature épithéliale de l'œuf primordial, il est au contraire d'un avis différent de M. Waldeyer, mais comme nous l'avons vu, il s'agit d'une différence d'interprétation qui n'a pas une très-grande importance. Pour M. van Beneden les premiers rudiments de l'œuf se forment aux dépens d'un protoplasme commun, tenant en suspension des noyaux cellulaires distincts et capables de se multiplier. Il considère cet ensemble comme formé de cellules distinctes par leurs noyaux, mais confondues par leurs corps protoplasmatiques. Quand ces noyaux ont atteint un volume déterminé, le protoplasme se délimite autour d'eux en une couche distincte, et c'est à partir de ce moment que le savant belge les considère comme des éléments cellulaires proprement dits. En somme, M. Ed. van Beneden

Digitized by Google

trouve dans toute la série animale le mode d'oogenèse semblable à celui qu'ont fait connaître chez les vers nématodes MM. Claparède, Munck, Schneider et Leuckart.

Mais pour M. van Beneden, comme pour M. Waldeyer, bien qu'à un point de vue assez différent, l'œuf définitif est quelque chose de plus complexe que l'œuf primordial. Ce dernier est toujours complétement transparent. Plus tard, il commence à se charger d'éléments nutritifs réfringents (granules vitellins, etc.). Le naturaliste belge donne à cet ensemble d'éléments nutritifs le nom de *deutoplasma* par opposition au protoplasma de l'œuf primordial. Cette distinction est importante : le protoplasma est en effet le seul élément aux dépens duquel se forment les premières cellules de l'embryon, tandis que le deutoplasme n'intervient que secondairement dans cette formation. Le deutoplasme paraît d'ailleurs entièrement privé de la contractilité qui, dans le protoplasma, permet les mouvements amœboïdes caractéristiques. Cette distinction a surtout de l'intérêt parce qu'elle permet à M. van Beneden d'établir un rapport intime entre la constitution de l'œuf et la manière dont s'accomplissent les premiers phénomènes embryonnaires.

En effet, le protoplasme faisant seul partie de l'œuf primordial, lui seul doit se diviser quand la cellule se divise. Mais, comme dans un certain nombre de cas le deutoplasme se trouve en suspension dans le protoplasme, il peut arriver que le deutoplasme prenne part à la division de l'œuf primordial, c'est-à-dire qu'il reste en suspension dans le protoplasme pendant que celui-ci se divise. Dans ce cas, il y a *fractionnement total* du vitellus. Si, au contraire, une partie seulement des éléments nutritifs se trouvent en suspension dans le protoplasme, cette partie seule de la masse deutoplasmatique pourra prendre part à la division de l'œuf primordial et il y aura *fractionnement partiel*. Mais s'il y a séparation complète entre le deutoplasme et l'œuf primordial, celui-ci seul se divisant, il n'y a pas de fractionnement proprement dit.

Selon M. van Beneden, on voit chez les Vertébrés, les Crus-

Digitized by Google

tacés, les Nématodes, les Planaires et les Némertes des éléments nutritifs se former *dans le protoplasme même* de l'œuf primordial qui fonctionne comme cellule sécrétoire de ses éléments deutoplasmatiques; car même l'œuf de l'oiseau est à ses yeux une cellule colossale qui ne perd pas dans le cours de son développement ses caractères primordiaux et qui ne renferme en elle aucune autre cellule.

Chez un animal très-voisin des Némertes, le Prorhynchus, M. Max Schultze a fait voir qu'une partie des éléments vitellins se forme en dehors du protoplasme de l'œuf dans des cellules distinctes qui, chargées des produits qu'elles ont élaborés, viennent entourer le germe. Plus tard, ces cellules se désorganisent lentement, et les éléments nutritifs sont mis en liberté pour être peu à peu absorbés par le protoplasme de l'œuf primordial. Cet animal présente une transition incontestable entre les Planaires et les Némertes d'une part, où le deutoplasme se développe à l'intérieur même du protoplasme de l'œuf primordial, et les Rhabdocèles d'autre part, où le deutoplasme est tout entier élaboré en dehors de l'œuf primordial, voire même dans une glande distincte: le vitellogène des auteurs. Seulement plus tard, chez ces derniers, les éléments deutoplasmatiques sont absorbés par l'œuf primordial.

Chez les Trématodes et les Cestoïdes, comme chez les Rhabdocèles, un germigène et un vitellogène concourent à la formation de l'œuf définitif. Les éléments nutritifs du vitellus sont élaborés par les cellules épithéliales des glandes dites *vitellogènes*. Mais, tandis que chez les Rhabdocèles ces éléments sont peu à peu absorbés par le protoplasme de l'œuf primordial, ils restent constamment distincts de celui-ci chez les Trématodes et les Cestoïdes; les deux éléments constitutifs du vitellus ne se fondent jamais en une masse commune. L'œuf primordial se divise sans que le deutoplasme prenne part à cette division et peu à peu les cellules embryonnaires absorbent, pour s'en nourrir, les éléments nutritifs qui les entourent de toutes parts. Les prétendus vitellogènes sécré-

Digitized by Google

tant en réalité une partie seulement des éléments constitutifs du vitellus, à savoir le deutoplasme, M. van Beneden les désigne sous le nom de *deutoplasmigènes*.

M. Ed. van Beneden a profité de ses études sur l'oogenèse pour définir plus correctement que cela n'a eu lieu jusqu'ici ce qu'on doit entendre par *membrane vitelline* et par *chorion*. Nous doutons qu'il ait mieux résolu ce problème que ses prédécesseurs. Il réserve le nom de membrane vitelline aux membranes cellulaires qui se forment par la solidification de la couche externe du protoplasme. En revanche il propose de réserver le nom de chorion à toute membrane anhiste formée par voie de sécrétion par les cellules épithéliales de l'ovaire ou de l'oviducte, et destinées à servir d'enveloppe à un œuf arrivé à maturité. En fait, ces définitions sont celles adoptées aujourd'hui plus ou moins tacitement par tous les auteurs, seulement les difficultés surgissent dans l'application. Pour n'en citer qu'un exemple, l'œuf de l'oiseau est aux yeux de M. van Beneden une cellule qui a pris un développement colossal, et sa membrane vitelline est considérée par lui comme représentant la membrane cellulaire de l'œuf primordial. Toutefois cette opinion n'est pas très-solidement assise. Même si l'on rejette les observations de M. His qui font immigrer dans le vitellus de l'œuf d'oiseau des cellules à mouvements amœbéens, il n'en reste pas moins les observations de M. Waldeyer. Or, ce savant, tout en niant l'existence d'éléments cellulaires dans l'intérieur de l'œuf d'oiseau, n'en fait pas moins résulter la plus grande masse du vitellus d'une métamorphose, d'une sorte de désorganisation des cellules épithéliales du follicule. Si les choses se passent réellement ainsi, il est bien difficile de dire d'une manière parfaitement certaine quelle est l'origine de la couche externe du vitellus qui se solidifie en membrane vitelline. Cette origine peut même être complexe. M. Waldeyer n'hésite pas à faire provenir cette membrane de la *zona radiata*. Elle serait donc en réalité un produit de l'épithélium du follicule, et dans ce cas, pour être

Digitized by Google

fidèle à sa nomenclature, M. Ed. van Beneden serait obligé de baptiser du nom de chorion la membrane vitelline de l'œuf d'oiseau.

Après ce bref aperçu sur les travaux relatifs à l'oogenèse, jetons un rapide coup d'œil sur les travaux les plus récents concernant l'embryologie des vertébrés.

Le prémier travail à mentionner par suite de la révolution radicale qu'il opérerait dans nos notions embryogéniques si ses résultats venaient à se confirmer, est celui de M. Dursy. Jusqu'ici tous les embryogénistes ont considéré la bandelette primitive avec son sillon médian, comme le rudiment qui, par la métamorphose de ses différentes parties, se transforme en embryon. Pour M. Dursy, il n'en est point ainsi. La bandelette primitive avec son sillon constitue à ses yeux une sorte de pro-embryon d'où le corps embryonnaire surgit « comme une plante du pot dans lequel on la cultive. » Le véritable rudiment embryonnaire se formerait à l'extrémité antérieure de ce pro-embryon, comme un bourgeon qui s'allonge en une sorte de bandelette un peu élargie en avant.

Cette nouvelle bandelette est le rudiment de la corde dorsale et sa dilatation antérieure indique le milieu de ce qui sera plus tard la base du crâne. Plus tard, lorsque la corde s'est allongée et a atteint une longueur supérieure à celle de la bandelette primitive, elle se dilate aussi à son extrémité postérieure pour former le renflement caudal, immédiatement en avant de la bandelette primitive, qui, à partir de ce moment, s'atrophie et finit par disparaître. Ces observations s'écartent trop de toutes les idées embryogéniques en vigueur, pour qu'il soit possible de formuler un jugement sur elles avant des recherches nouvelles.

Chez les oiseaux, M. His a émis des idées en partie assez neuves et séduisantes, à plus d'un égard. Il distingue sous les noms d'*archiblaste* (germe principal) et de *parablaste* (germe accessoire) deux sources distinctes des éléments constitutifs de l'embryon. L'archiblaste n'est pas autre chose que le dis-

Digitized by Google

que proligère qui, par son évolution, engendre le système nerveux, le tissu des muscles striés et lisses, les épithéliums et les glandes. Le parablaste est formé par les éléments blancs du vitellus[1] et donne naissance, pour M. His, au sang et à tous les tissus de la famille connective. Si ce résultat devait se confirmer, il en résulterait une opposition parfaitement nette entre ces deux catégories de tissus. Par la pensée on peut éliminer du corps la totalité des substances connectives et il subsiste une sorte de squelette ayant pour axe l'encéphale et la moelle épinière et comme parties périphériques les muscles, les glandes et les épithéliums, reliés à l'axe par les nerfs. Mais, par la pensée, on peut éloigner aussi du corps tous les organes d'origine archiblastique et il reste une sorte de squelette, formé uniquement d'éléments parablastiques. Ce second squelette forme, pour ainsi dire, un moule interne du premier. En d'autres termes, les éléments archiblastiques et les éléments parablastiques se pénètrent mutuellement dans toutes les régions du corps, sans jamais présenter, aux yeux de M. His, des relations plus intimes que celles d'une simple contiguïté. C'est ce qu'on reconnaît expérimentalement surtout pour les organes nerveux centraux et la rétine, où le squelette parablastique, formé ici uniquement par les vaisseaux, est si peu adhérent aux mailles du tissu archiblastique dans lesquelles il est logé, qu'on peut l'en tirer, comme on tire les doigts hors d'un gant. M. His trouve que l'élément archiblastique joue le rôle principal dans la détermination du développement embryonnaire. Le corps

[1] Il convient de remarquer que M. His donne à cette expression un sens un peu plus restreint que la plupart des auteurs. Les éléments blancs du vitellus forment, suivant sa description, une mince couche périphérique sous-jacente à la membrane vitelline, puis le plancher de la cavité de segmentation, et enfin le contenu du canal vitellin et de la *latebra*. La plupart des auteurs admettent, en outre, que les halos visibles sur la coupe d'un œuf durci sont dus à une alternance de couches, formées, les unes par les éléments jaunes, les autres par les éléments blancs. M. His nie la présence d'éléments blancs caractéristiques dans ces couches.

Digitized by Google

résulte dans ses grands traits de la croissance et de la division de l'archiblaste : plus tard seulement, les produits du parablaste, venant de la périphérie, pénètrent dans les lacunes qui subsistent dans la structure de l'archiblaste.

Au point de vue de la formation des feuillets embryonnaires, M. His s'écarte des idées le plus généralement admises depuis les travaux de Remak, et il revient à peu près complétement à la théorie de M. de Baer qui n'admettait, comme on sait, qu'un feuillet animal et un feuillet végétatif. Le feuillet supérieur ou animal fournit le système cérébro-spinal, les corps de Wolff avec les glandes sexuelles qui en dépendent, les reins définitifs, et enfin l'épiderme avec ses dépendances immédiates, épithélium et glandes de la cavité buccale et du cloaque.

Le feuillet inférieur[1] est considéré dans ses métamorphoses, par M. His, en connexion avec ce que ce savant appelle le cordon axial. Sous ce nom, il désigne un cordon situé sur la ligne médiane du rudiment embryonnaire, dans lequel la lamination en feuillets ne se fait point, ou, si l'on aime mieux, dans lequel les deux feuillets restent soudés. Le feuillet inférieur et le cordon axial donnent naissance à la corde dorsale, au système du nerf sympathique, à toute la musculature lisse, et enfin aux épithéliums et aux glandes des muqueuses internes.

Le point de vue de M. His se distingue pourtant de celui de M. de Baer par un côté fort important, à savoir par le mode de formation qu'il attribue à ce que le grand embryogéniste a appelé, comme chacun le sait, le *feuillet vasculaire*.

[1] Ce feuillet est, pour M. His, une production du feuillet supérieur ou externe. Il n'existe pas comme feuillet distinct avant l'incubation. Le disque proligère qui forme le toit de la cavité de segmentation est constitué seulement par le feuillet supérieur. Mais de la surface inférieure de ce feuillet naissent de nombreux bourgeons ou cordons celluleux auxquels M. His donne le nom de *processus sous-germinaux*. Ces processus s'unissent plus tard entre eux pour former le feuillet inférieur.

Digitized by Google

Aux yeux de M. His, ce feuillet vasculaire n'est aucunement le produit de l'un des autres feuillets, mais il descend du parablaste. A proprement parler le feuillet vasculaire de M. de Baer serait même d'origine complexe, car il comprend en outre des éléments parablastiques de M. His, la lame musculaire végétative que le savant bâlois fait dépendre du feuillet interne ou inférieur.

Voici comment M. His comprend l'évolution du parablaste : un tissu aréolaire se forme tout autour du disque proligère ; il tire son origine d'éléments blancs du vitellus. Cette couche développe des bourgeons qui se dirigent en dessous vers le centre du disque, et qui pénètrent dans les lacunes formées dans le tissu de ce disque par une série de divisions et de plissements. Dans l'origine, ces bourgeons se transforment presque tous en vaisseaux, et, pendant les premiers stades du développement, les vaisseaux sont à peu près les seuls représentants des éléments parablastiques. Plus tard, les choses se passent autrement : les cellules qui germent des parois des vaisseaux, ne s'ordonnent plus toutes en tubes vasculaires. Elles s'accumulent par place dans les lacunes, en groupes plus où moins nombreux, et il se forme entre elles une substance intercellulaire incolore. C'est là une substance connective embryonnaire, tissu connectif embryonnaire, ou cartilage embryonnaire.

Les espaces lymphatiques primordiaux sont pour M. His des cavités qui demeurent ménagées pendant la croissance des tissus parablastiques. La même chose a lieu pour les cavités séreuses, qui ne sont d'ailleurs, comme le démontrent toutes les recherches récentes, que de vastes réservoirs lymphatiques.

La distinction entre l'archiblaste et le parablaste a, comme on le voit, une haute portée. Une partie seulement des tissus embryonnaires, les tissus archiblastiques, proviendraient de la partie segmentée, c'est-à-dire fécondée de l'ovule, les autres sembleraient se former indépendamment de la fécondation. Mais la chose est-elle suffisamment établie ? C'est ce

Digitized by Google

dont il est peut-être permis de douter encore. M. His paraît bien avoir prouvé que les gros éléments celluleux qui forment le sol de la cavité de segmentation immigrent dans le corps de l'embryon pour former une partie de ses tissus; mais ces cellules sont-elles bien des éléments blancs du vitellus et point des produits de la segmentation? Sur ce point, M. Peremeschko se pose en adversaire de M. His et se prononce décidément en faveur de la seconde alternative.

Dans son bel ouvrage, M. His cherche à préciser les conditions mécaniques qui président à la formation du corps de l'embryon. Il montre que les plissements auxquels sont dus en général les premiers rudiments d'organes, sont déterminés par des centres de plus grande croissance. En effet, les inégalités de croissance entraînent forcément des phénomènes de pression et de traction variant avec les points du disque proligère ou de l'embryon. Citons-en un exemple, sans cependant vouloir suivre l'auteur dans l'étude de ce problème fort complexe. M. His admet que l'extrémité antérieure de la corde dorsale arrête par ses adhérences la croissance de la base du crâne, tandis que le reste de l'embryon continue de croître et il rend compte ainsi de la courbure céphalique et de la faciale, et même, plus tard, du développement des vésicules ophthalmiques, de la formation du quatrième ventricule, etc.

M. Waldeyer est arrivé à des résultats extrêmement remarquables, dans une étude approfondie de la formation de l'appareil urogénital chez les vertébrés supérieurs. Il trouve chez les vertébrés un rudiment urogénital commun pour les deux sexes. On trouve ce premier rudiment, lorsqu'il est déjà bien formé, dans les lames intermédiaires de M. Remak (lames péritonéales de M. de Baer), mais il paraît provenir du cordon axial de l'embryon, et même probablement, à sa toute première origine, du feuillet blastodermique supérieur. De très-bonne heure ce rudiment se divise en deux parties, l'*épithélium germinatif et l'épithélium des conduits de Wolff*, desquels dérive tout l'appareil génito-urinaire.

Digitized by Google

L'épithélium germinatif sert toujours à la formation des ovules et des conduits excréteurs féminins. M. Waldeyer s'en est convaincu dans toute la série des vertébrés, à partir des amphibies jusqu'à l'homme. Dans le principe, cet épithélium ne peut être séparé du rudiment du conduit de Wolff, dont il forme le revêtement médial, et dont il ne tarde pas à se séparer. Il s'étend toujours en une large surface et tapisse une partie plus ou moins considérable de la future cavité péritonéale. Cet épithélium forme d'abord une masse continue qui ne tarde pas à se diviser en deux régions : l'une s'étend en surface, s'unit au stroma connectif et vasculaire sous-jacent, et fournit les ovules ; l'autre s'enfonce, d'abord sous la forme d'un sillon, dans la paroi connective de l'abdomen et se transforme peu à peu en un canal : le conduit de Müller.

L'épithélium du conduit de Wolff, est à la fois le rudiment des organes sexuels mâles et de l'appareil urinaire. Ce dernier ne naissant qu'à une époque tardive, on voit se former dans l'intervalle le rein primordial à existence transitoire, qui constitue, aux yeux de M. Waldeyer, une *partie seulement* du corps de Wolff. La conséquence la plus remarquable de ces recherches, c'est que chez chaque individu, et même chez les vertébrés supérieurs, la disposition primordiale de l'appareil générateur est hermaphrodite. Ce fait avait déjà été reconnu par M. de Wittich, chez les Batraciens. Ce savant avait reconnu que le premier rudiment de la glande sexuelle a, chez tous les individus, un caractère féminin. De la paroi dorsale de cet organe, tournée du côté des reins, il a vu apparaître, chez les batraciens mâles, un tube qui s'unit à des groupes de cellules renfermées dans l'intérieur de la glande sexuelle, et destinés à former les canalicules séminaux. On peut par suite distinguer bientôt chez ces Batraciens deux parties de la glande sexuelle, à savoir un noyau dorsal ou central renfermant les rudiments des tubes seminifères et une zone périphérique parfaitement semblable au rudiment de l'ovaire chez les femelles. Or, cette zone engendre des ovules, selon

Digitized by Google

M. Jacobson et surtout M. de Wittich, même chez les crapauds mâles. M. Waldeyer voit en outre persister cette couche d'épithélium germinatif sur le testicule des tritons pendant toute la vie. Cet hermaphrodisme primordial n'est point spécial aux batraciens, mais, comme le démontre M. Waldeyer, il existe dans toute la série des vertébrés, même chez l'homme.

L'étude soignée de l'épithélium germinatif a conduit M. Waldeyer a des vues en partie assez nouvelles sur la signification du sac du péritoine. Autrefois on n'attribuait aux membranes séreuses qu'une fonction mécanique consistant à faciliter le glissement des viscères. Aujourd'hui, grâce à M. Recklinghausen et ses successeurs, nous savons de plus, comme nous le remarquions plus haut, que les sacs séreux jouent aussi le rôle de grands réservoirs de la lymphe. M. Waldeyer remarque que chez les vertébrés du sexe féminin, la cavité péritonéale joue en outre un rôle dans les fonctions sexuelles. Au commencement de l'évolution elle est tapissée, peut-être dans sa totalité, par l'épithélium germinatif. Plus tard, une partie de cet épithélium s'atrophie, et partout où cela a lieu, la couche de cellules connectives sous-jacente, mise à nu, se transforme en une couche endothéliale, toute semblable à celle résultant de la transformation du tissu connectif dans les cavités articulaires, les bourses muqueuses accidentelles, etc. Cette manière de voir semble corroborée par la circonstance suivante. Dans certains cas, ainsi chez les batraciens, l'épithélium germinatif subsiste dans la cavité péritonéale proprement dite toute la vie durant, mais alors on le trouve superposé à l'endothélium qui apparaît par suite comme une couche profonde, ainsi que M. Waldeyer l'a découvert. Chez les grenouilles, une grande partie du péritoine fonctionne aussi bien comme réservoir et comme organe éducateur pour les ovules, que comme sac lymphatique; aussi l'étendue de l'épithélium véritable est-elle dans le sac péritonéal aussi considérable que celle de l'endothélium. Chez les vertébrés supérieurs, la participation

Digitized by Google

du sac péritonéal aux fonctions sexuelles, est restreinte à une très-petite région, dans le voisinage du bassin, autour de l'ouverture des trompes. Chez certaines espèces (chien, chat, etc.) cette région est réduite à un minimum, grâce à la capsule particulière de l'ovaire; chez d'autres, comme chez les loutres, etc., elle est entièrement isolée. L'élucidation de ces conditions remarquables par M. Waldeyer, pourra jeter quelque lumière sur certains phénomènes obscurs, comme la transmigration des œufs et de la semence, et les grossesses abdominales. Dans la cavité de l'abdomen, l'œuf se trouve encore dans l'intérieur de l'appareil sexuel, et peut, dans certaines circonstances, vivre dans ces conditions et même se développer.

Le développement des vertébrés anallantoïdiens présente, en outre des particularités bien connues qui le caractérisent, certains phénomènes d'évolution dont l'assimilation avec ceux des vertébrés supérieurs n'est pas toujours très-facile. L'embryogénie des Batraciens, que nous considérerons d'abord, a fait l'objet de deux mémoires étendus: l'un de M. van Bambeke, sur le Pélobate brun, l'autre de M. Götte, sur le Bombinator igné. Les résultats auxquels sont arrivés les auteurs, sont semblables sur bien des points, malgré une nomenclature différente; mais il subsiste cependant des divergences sur des questions capitales.

On sait que chez les Batraciens, l'œuf contient immédiatement après la segmentation, une cavité à laquelle on donne le nom de *cavité de segmentation* ou *cavité de Baer*. Bientôt apparaît une deuxième cavité, séparée de la première, et communiquant avec l'extérieur par une fente arquée. Cette seconde cavité est connue sous le nom de *cavité elliptique* ou de *cavité de Rusconi*, et la fente est désignée sous celui d'*anus de Rusconi*.

Les opinions relatives au mode de formation de la cavité de Rusconi sont variées. Les uns, ainsi Remak, la considèrent comme le résultat d'une sorte d'invagination de l'anus

Digitized by Google

de Rusconi, et cette opinion semble acceptée par M. Götte; les autres, et M. Van Bambeke est de ce nombre, nient toute invagination semblable, et font apparaître la cavité en question dans l'intérieur du vitellus blanc. Il est clair qu'il est difficile de décider entre ces deux opinions. Nous nous permettrons seulement de remarquer que M. Götte semble avoir étudié tout spécialement ce point d'embryogénie, et que sa description implique un mode de formation très-remarquable des feuillets blastodermiques. Ce mode s'éloigne, il est vrai, de tous ceux qui ont été admis, par les différents auteurs, pour les vertébrés supérieurs, mais il rappelle, en revanche (en partie seulement, il est vrai), les phénomènes que M. Kowalewsky a fait connaître chez l'Amphioxus. D'après M. Götte, l'invagination pénètre concentriquement à la surface, dans l'intérieur du vitellus blanc, de sorte qu'une partie de celui-ci, formant une sorte de couche membraneuse, reste attachée à l'écorce brune de l'œuf, et n'est plus en communication que par ses bords avec le vitellus blanc. Cette couche forme donc le plafond de la cavité de Rusconi. Dans cette couche il s'établit bientôt une différenciation en deux strates, l'une formée de cellules très-petites et adhérentes à la couche brune externe, et l'autre formée par une seule couche de cellules plus grosses, constituant la paroi de la cavité. A partir de ce moment, la voûte de la cavité de Rusconi est formée de trois feuillets distincts, dont l'externe et le moyen augmentent notablement en épaisseur vers l'anus de Rusconi. Telle est l'origine des trois feuillets blastodermiques. Rien dans tout cela qui rappelle le parablaste de M. His.

M. van Bambeke ne distingue pas seulement trois feuillets embryonnaires, mais bien quatre. Cette différence n'est pas essentielle, car M. Götte admet la formation subséquente de deux lames superposées dans son feuillet externe. M. van Bambeke, suivant en cela les doctrines de M. Stricker, considère ces deux lames comme feuillets distincts. En somme, M. Götte et M. van Bambeke font subir à ces deux couches,

Digitized by Google

malgré la différence de nomenclature employée par eux, exactement la même évolution, au moins pour tous les traits principaux. Le feuillet externe de M. Stricker et de M. van Bambeke, qui ne correspond qu'à la moitié du feuillet externe de M. Remak et de M. Götte, est identique avec ce que M. Reichert appelait la *membrane enveloppante* (Umhüllungshaut).

La première apparition du rudiment embryonnaire prend pour point de départ l'anus de Rusconi, aussi bien dans la description de M. Götte, que dans celle de M. van Bambeke. Selon le premier de ces savants, la corde dorsale apparaît d'abord en connexion intime avec le feuillet externe, dans le voisinage immédiat de l'anus de Rusconi, et se sépare nettement du feuillet moyen. Au-dessus du rudiment de corde, dans la couche superficielle du feuillet externe, se forme un sillon primitif très-court, résultant d'une contraction du bourrelet anal. M. Götte semble disposé à considérer ce premier rudiment comme un pro-embryon très-court, dans le sens de M. Dursy. Quoiqu'il en soit, ce sillon primitif si petit, ne tarde pas à se prolonger en avant en un sillon dorsal beaucoup plus large, qui deviendra le système nerveux. M. van Bambeke affirme, il est vrai, que la formation du système nerveux ne commence que lorsque le sillon dorsal a disparu, mais cette divergence n'est qu'apparente et tient à la distinction que ce savant fait avec M. Stricker des deux couches du feuillet externe en un feuillet enveloppant et un feuillet sensoriel. Or, considérant le sillon primitif, comme creusé dans le seul feuillet enveloppant, il a raison de dire que la transformation de ce sillon en un tube, ne produit point de système nerveux. Ce tube n'est en effet pas autre chose que le futur revêtement épithélial du canal spinal. Le système nerveux proprement dit se forme aux dépens de la couche profonde du feuillet externe de M. Götte, c'est-à-dire aux dépens du second feuillet ou feuillet sensoriel de MM. Stricker et van Bambeke.

La raison pour laquelle M. van Bambeke considère la

Digitized by Google

membrane enveloppante et le feuillet sensoriel des Batraciens comme deux lames parfaitement distinctes, c'est qu'il n'est pas possible de les assimiler entièrement au feuillet sensoriel indivis des vertébrés supérieurs. La membrane enveloppante fournit l'épiderme, l'épithélium du canal médullaire, celui des fosses nasales, tandis qu'elle ne contribue en rien à la formation du cristallin ni à celle du labyrinthe. Elle ne correspond donc que partiellement au feuillet externe ou corné de Remak chez les vertébrés supérieurs, mais sa valeur histologique est la même puisqu'elle ne donne naissance qu'à des produits épidermiques. Le feuillet sensoriel de M. Götte (son second feuillet) forme seul la vésicule auditive, et c'est le trait de ressemblance le plus réel qu'il présente avec le feuillet corné; car la formation du cristallin n'a pas lieu uniquement à ses dépens, le feuillet moteur contribuant, pour une certaine part, à cette formation; d'un autre côté, il donne naissance à des parties purement nerveuses, ce que ne fait pas la lame cornée. C'est ainsi que pour l'organe olfactif il produit le lobule, tandis que le revêtement épithélial est fourni par la membrane enveloppante.

On sait que Remak décrit les vertèbres primitives comme étant l'origine des muscles vertébraux. Cette opinion est confirmée par M. van Bambeke chez le pélobate, mais il ajoute que ces vertèbres primitives donnent encore naissance aux lames cutanées dorsales, et à la couche cellulaire qui bientôt entourera la moelle et la corde dorsale, et aux dépens de laquelle se formeront les vertèbres. M. Götte a étudié, d'une manière bien plus complète encore, cette transformation des vertèbres primitives. Dans chacune d'elles, il distingue une petite cavité, un noyau qui deviendra la source des fibres musculaires striées, et enfin une couche corticale. Cette dernière donne naissance : 1° au tissu connectif de la peau (lames cutanées); 2° à un cordon particulier que l'auteur désigne sous le nom de cordon axial du feuillet intestinal, et qui paraît devenir un vaisseau intestinal lymphatique; 3° aux ganglions spinaux et aux racines des nerfs rachidiens

Digitized by Google

qui envoient leurs prolongements dans la moelle épinière; 4° aux ganglions du grand symphatique; 5° enfin, aux enveloppes de la moelle.

Les corps de Wolff naissent du feuillet moyen, soit pour M. van Bambeke (son troisième feuillet), soit pour M. Götte. Il en est de même, selon ce dernier, pour les glandes sexuelles et les reins, dont la formation ne paraît pas avoir été étudiée par l'embryogéniste belge. On remarque, dans la description de M. Götte, relative aux relations premières du conduit de Wolff avec l'espace rétropéritonéal, certains traits qui rappellent la liaison intime que M. Waldeyer cherche à établir entre la cavité du péritoine et l'appareil sexuel.

La divergence la plus profonde entre M. Götte et M. van Bambeke est relative à la formation du tube digestif. Tous les auteurs sont d'accord que la cavité de segmentation diminue et finit par disparaître, même complétement, à mesure que la cavité de Rusconi augmente de volume. Toutefois, cette cavité de Rusconi que Remak et M. Stricker ont démontré être le premier indice du tube digestif, n'aurait, selon le premier de ces auteurs, qu'une existence transitoire: ce serait un tube digestif provisoire. Cette opinion est entièrement confirmée par M. van Bambeke, qui fait naître chez le Pélobate brun, le tube digestif définitif indépendamment de la cavité de Rusconi, et qui fait apparaître un anus définitif en un point différent de l'anus de Rusconi. En revanche, M. Götte, qui semble avoir consacré une attention toute particulière à ce point d'évolution, se prononce très-carrément contre l'opinion de Remak, et montre que, chez les Bombinator, le canal digestif définitif résulte de la transformation de la cavité de Rusconi. Cette manière de voir paraît fort vraisemblable, et l'on peut citer en sa faveur le mode de formation de la cavité digestive chez l'Amphioxus, tel qu'il a été observé par M. Kowalewsky. Il est vrai que Remak et M. Van Bambeke pourraient invoquer en faveur de l'opinion contraire des observations faites sur d'autres poissons, par M. Kupffer, observations dont il nous reste à entretenir le lecteur.

Digitized by Google

M. Kupffer a publié des observations fort étendues sur le développement de divers poissons comme des Épinoches, des Spinachia, diverses espèces de Goujons, la Perche, etc. Ces poissons peuvent se répartir en deux groupes au point de vue des différences apparentes assez considérables qu'ils présentent pendant les premières phases de l'évolution. Ces différences tiennent essentiellement à ce que, dans l'un des groupes, le disque proligère, c'est-à-dire la partie qui subit seule la segmentation (*vitellus de formation*, des auteurs, *protoplasme* de M. Ed. van Beneden) est relativement d'un faible volume, et forme une simple couche sur l'un des pôles de l'œuf; tandis que dans l'autre groupe, ce disque proligère est relativement énorme, au moins aussi gros que le vitellus de nutrition, et condensé en une masse quasi-sphérique. Dans la première catégorie se rangent par exemple les œufs des Syngnathes, des Spinachia, des Épinoches, etc. ; dans la deuxième, ceux des Goujons et des Perches.

Nous laisserons de côté ce qui a rapport à la segmentation proprement dite, l'auteur ne paraissant pas assez sûr de ses résultats pour accorder une très-grande importance aux quelques détails par lesquels sa description s'éloigne de celle de Lereboullet, l'auteur le plus récent qui se soit occupé de ce sujet. Nous insisterons, en revanche, sur un phénomène étrange, que M. Kupffer décrit comme immédiatement postérieur à la formation du blastoderme. Chez les Épinoches et les Spinachia (Épinoches de mer), il a vu apparaître à la surface du vitellus de nutrition, tout autour du bord du disque proligère, des noyaux de cellules plus gros que ceux des cellules du disque. Ces noyaux s'entourent de protoplasme et produisent ainsi des cellules dont le mode de formation ressemble tout à fait à celui des cellules blastodermiques dans la couche de blastème périphérique de certains œufs d'Arthropodes (Araignées, Musca, Chironomus). Ces cellules ne dériveraient donc point de la partie segmentée de l'œuf, et l'on pourrait distinguer ici, comme l'a fait M. His, chez les oiseaux, un archiblaste et un parablaste. Mais ce parablaste jouerait ici un rôle

Digitized by Google

tout autre que celui de M. His. Il se glisserait, selon M. Kupffer, entre le vitellus et le blastoderme, et devrait former, par conséquent, non point l'homologue du feuillet vasculaire de Baer, mais bien le feuillet interne, soit épithélial ou glandulaire. M. Kupffer n'ose pourtant pas se prononcer d'une manière parfaitement nette sur le sort de cette couche. Nous devons ajouter que M. Rieneck dans ses études sur le blastoderme des truites n'a rien vu de semblable. Il trouve la couche la plus interne formée par de très-grosses cellules, qu'il fait descendre de la segmentation proprement dite.

Dans le principe, le blastoderme ne recouvre que l'un des pôles de l'œuf, et se termine par conséquent par un bord libre, formant un cercle autour du vitellus. Mais ce bord voyage avec une rapidité plus ou moins grande, selon les espèces, vers le pôle opposé, si bien que la partie non envahie par le blastoderme est réduite, comme l'on sait, à une petite place, désignée, par M. Vogt, sous le nom de *trou vitellaire*, et qui correspond exactement à l'*anus de Rusconi* chez les Batraciens. M. Kupffer n'accorde pas plus d'importance que ne l'avaient fait MM. Baer, Vogt et Lereboullet à cette ouverture. Il se refuse à y voir l'anus comme M. van Bambeke vient aussi de le faire pour les Batraciens. Il ne faut pourtant pas oublier la doctrine de l'anus primordial mise en avant par Rusconi, et défendue par des autorités considérables, ainsi par M. Max Schultze, chez les Lamproies; par M. Kowalewsky chez l'Amphioxus; par M. Götte chez les Bombinator.

Chez les Épinoches, la formation du rudiment embryonnaire commence avant que le blastoderme ait envahi la moitié de la surface de l'œuf. Bientôt on voit se différencier dans cette calotte un bord circulaire et épais, le bourrelet blastodermique de M. Lereboullet, et un champ central plus clair et plus mince. La formation du rudiment embryonnaire prend pour point de départ le bourrelet périphérique, comme M. Lereboullet a été le premier à l'établir pour les poissons; pnis ce rudiment se dirige sous forme

Digitized by Google

de languette ou de bandelette vers le pôle qui occupe le centre du blastoderme, de sorte que l'axe de la bandelette occupe un méridien de l'œuf. A l'époque où, par suite de la croissance du blastoderme, le bord libre du bourrelet blastodermique s'est avancé jusqu'à l'équateur, la bandelette embryonnaire atteint le pôle du blastoderme, et sa croissance, dans cette direction, est arrêtée dès ce moment-là. Désormais l'allongement du rudiment embryonnaire résulte uniquement de la migration du bourrelet blastodermique vers le pôle opposé. Cette naissance du premier rudiment embryonnaire, aux dépens du bourrelet blastodermique, constatée non-seulement par Lereboullet et M. Kupffer, mais encore par M. Rieneck, cette naissance, disons-nous, est un point de grande importance si nous le comparons au résultat des travaux embryogéniques récents chez les Batraciens et les oiseaux. En effet, le bourrelet blastodermique est morphologiquement l'anus de Rusconi encore très-dilaté. Par conséquent, soit chez les poissons, soit chez les Batraciens, la naissance du rudiment embryonnaire procède du bord de cette ouverture qui, si elle n'est pas l'anus définitif, est dans tous les cas peu éloignée du point où se formera plus tard cet anus. Enfin, chez les oiseaux aussi, surtout si les résultats obtenus par M. Dursy se confirment, c'est encore par son extrémité postérieure que la bandelette embryonnaire apparaît tout d'abord.

Nous n'entrerons dans aucun détail sur les premières phases du développement des poissons de la seconde catégorie. En effet, quelques différents que soient en apparence les phénomènes observés, le caractère essentiel reste le même, à savoir la production du rudiment embryonnaire par le bord du blastoderme.

L'organogénèse, dans la description de M. Kupffer, s'éloigne, sur beaucoup de points, des idées généralement reçues. Le premier phénomène d'évolution dans la bandelette embryonnaire, consiste dans la formation d'une carène axiale partant de la surface inférieure de la bandelette, et détermi-

Digitized by Google

nant par conséquent un sillon dans le vitellus ; puis se montrent deux vésicules claires, l'une dans l'extrémité antérieure de la carène ; l'autre près de son extrémité postérieure. Mais la seconde, au lieu d'être creusée dans le tissu de la carène, est logée entre celle-ci et le vitellus. La première de ces vésicules est considérée par M. Kupffer comme le rudiment du péricarde : la seconde, qu'il a désignée comme allantoïde, serait la future vessie urinaire. Il est certain que l'apparition de ces deux organes avant la première ébauche du système nerveux central, a quelque chose d'entièrement nouveau et digne de provoquer les recherches d'autres observateurs. Un autre résultat tout aussi inattendu des recherches de M. Kupffer, c'est que le système nerveux central apparaît sous la forme d'un cordon *solide* avec lequel les yeux sont en relation comme des masses également solides. Plus tard seulement, un sillon se creuse à la surface de ce cordon nerveux, sous l'épiderme, et finit par donner à cet appareil sa constitution tubulaire. La cavité des yeux résulterait de l'écartement des cellules dans l'axe de ces organes primitivement massifs. Le péricarde dont nous avons signalé l'apparition précoce, subsiste d'abord sans renfermer aucune trace du cœur. Puis le cœur se forme comme un bourgeon du feuillet moyen, bourgeon d'abord solide, mais devenant plus tard creux et s'invaginant dans le péricarde préformé.

M. Kupffer a fait aussi des observations très-curieuses sur l'origine première et commune des cellules du sang et des cellules pigmentaires. Il les a vu se former dans le bourrelet qui entoure l'anus de Rusconi. Puis elles se multiplient par division et se glissent sur la surface du vitellus, surface qui se trouve par suite transformée en un vaste sinus sanguin. Peu à peu ces cellules, les sanguines du moins, sont aspirées par le cœur et introduites dans la circulation. Le sinus qui entoure le vitellus est transformé plus tard en vaisseaux, grâce à des divisions opérées en lui par des bourgeons nés du feuillet moyen. E. C.

Digitized by Google

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JUILLET 1870.

Le 3, il a neigé la nuit sur le sommet du Môle, la neige disparait déjà dans la matinée.

8, éclairs et tonnerres de 2 h. à 3 1/2 h. après midi, direction de l'orage de l'Ouest à l'Est; un peu avant 3 h. forte averse, qui donne 15mm,5 dans 20 minutes. Un second orage accompagné d'éclairs et de tonnerres éclate de 4 h. à 4 1/2 h., direction SSO. à Est.

12, de 11 3/4 h. à 4 1/, h. de l'après-midi succession d'orages, accompagnés d'éclairs et de tonnerres, qui suivent la direction du Sud au Nord, le plus violent éclate vers 3 h.

16, à 10 h. du soir éclairs au NE. et à l'E.

17, de 5 3/4 h. à 6 1/2 h. du matin éclairs et tonnerres à l'ESE.

20, 21, 22, rosée le matin.

25, toute la soirée éclairs à l'E.

26, *id.* *id.*

29, toute la soirée éclairs au SE.

30, éclairs et tonnerres de 3 1/2 h. à 6 1/4 h. de l'après midi, direction de l'orage du SSO. au N.

31, de 1 h. à 2 h. du matin éclairs et tonnerres, l'orage passe du S. au N.; de 2 h. 40 m. à 3 h. quelques coups de tonnerres à l'O. Le soir éclairs continuels dans la partie N. à E. de l'horizon.

Pendant tout le mois, à l'exception de quelques jours, le hâle a été assez intense.

Digitized by Google

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 1 à 8 h. matin	730,28	Le 3 à 6 h. soir	725,41
5 à 8 h. matin	732,87	11 à 4 3/4 h. après m.	718,35
15 à 6 h. matin	728,53	16 à 6 h. soir	724,92
21 à 8 h. matin	731,72	24 à 6 h. soir	724,20
26 à 8 h. soir	726,94	29 à 5 h. soir	722,00

Digitized by Google

GENÈVE. — JUILLET 1870.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm.
1	729,58	+ 2,16	+19,18	+1,01	+ 9,5	+26,3	7,92	—2,51	516	—171	260	480	...	...	SSO. 1	0,22	18,9	+ 2,4	170
2	728,64	+ 1,19	+13,09	—5,14	+10,0	+17,8	7,89	—2,57	756	+ 70	390	880	7,5	3	SSO. 1	0,89	15,2	— 1,3	170
3	726,97	— 0,51	+14,93	—3,35	+ 6,8	+21,3	8,26	—2,23	658	— 27	440	890	...	...	N. 1	0,03	—	—	170
4	728,77	+ 1,26	+19,61	+1,28	+ 9,5	+26,3	8,05	—2,47	494	—190	310	760	...	...	N. 1	0,73	14,9	— 1,8	169
5	731,75	+ 4,21	+22,75	+4,37	+17,5	+28,8	11,04	+0,50	559	—124	400	650	...	...	N. 1	0,09	17,2	+ 0,5	168
6	729,15	+ 1,58	+27,29	+8,86	+16,0	+36,4	12,45	+1,89	484	—199	290	710	...	...	SSO. 1	0,16	18,6	+ 1,8	168
7	728,43	+ 0,83	+26,80	+8,32	+20,0	+34,7	13,41	+2,83	533	—149	280	680	...	...	N. 1	0,18	19,5	+ 2,6	168
8	727,33	— 0,30	+22,66	+4,14	+18,8	+29,5	13,53	+2,93	702	+ 20	460	950	25,4	4	N. 1	0,59	21,5	+ 4,5	172
9	726,99	— 0,67	+23,30	+4,74	+17,0	+33,0	13,66	+3,04	672	— 9	290	900	...	...	N. 1	0,49	20,2	+ 3,1	183
10	726,47	— 1,22	+26,87	+8,27	+19,0	+34,7	10,17	—0,46	434	—247	220	790	...	...	SSO. 1	0,13	—	—	180
11	721,00	— 6,71	+27,15	+8,51	+18,0	+34,7	8,82	—1,82	374	—307	190	680	...	...	SSO. 1	0,54	21,8	+ 4,2	180
12	722,80	— 4,93	+18,74	+0,07	+16,0	+26,7	11,18	+0,53	756	+ 76	420	880	21,4	10	S. 1	0,89	18,0	+ 0,7	181
13	725,52	— 2,23	+19,38	+0,68	+14,3	+24,3	10,68	+0,02	658	— 22	440	910	...	...	OSO. 1	0,69	15,6	— 1,8	187
14	728,13	+ 0,36	+19,53	+0,81	+14,8	+23,7	11,45	+0,78	690	+ 10	490	870	0,6	1	N. 1	0,28	17,6	+ 0,1	187
15	727,23	— 0,56	+20,07	+1,33	+14,0	+26,8	12,06	+1,38	699	+ 20	490	860	...	...	NNO. 1	0,08	20,3	+ 2,8	187
16	725,92	— 1,89	+23,50	+4,74	+15,9	+31,4	11,70	+1,01	561	—118	350	790	0,6	2	SSO. 1	0,66	20,8	+ 3,2	190
17	728,22	+ 0,39	+19,25	+0,47	+18,0	+22,0	8,94	—1,76	572	—107	400	790	...	...	NNE. 1	0,77	—	—	191
18	728,38	+ 0,53	+20,28	+1,49	+15,8	+25,8	8,22	—2,49	499	—180	290	670	...	...	NNE. 3	0,26	20,6	+ 2,9	191
19	729,80	+ 1,93	+20,84	+2,05	+15,5	+27,0	10,13	—0,59	574	—104	400	720	...	...	NNE. 3	0,06	20,6	+ 2,8	193
20	731,05	+ 3,16	+22,24	+3,44	+16,0	+28,0	9,65	—1,08	517	—161	280	720	...	...	NNE. 3	0,01	20,6	+ 2,7	193
21	730,97	+ 3,06	+22,39	+3,59	+14,4	+29,2	10,47	—0,27	548	—130	310	760	...	...	N. 1	0,27	20,6	+ 2,7	191
22	727,80	— 0,13	+23,63	+4,82	+15,0	+30,6	10,19	—0,55	501	—178	290	770	...	...	N. 1	0,18	20,8	+ 2,8	191
23	726,63	— 1,32	+23,05	+4,24	+18,0	+28,7	10,63	—0,11	530	—149	370	670	...	...	N. 1	0,02	21,3	+ 3,3	195
24	726,09	— 1,88	+22,98	+4,18	+16,8	+29,0	12,02	+1,28	584	— 95	400	750	...	...	N. 1	0,03	—	—	196
25	725,56	— 2,43	+26,36	+7,57	+19,7	+35,7	12,68	+1,93	524	—156	280	710	...	...	variable	0,20	21,7	+ 3,6	196
26	726,22	— 1,79	+22,66	+3,88	+20,7	+27,4	12,56	+1,81	640	— 40	510	700	...	...	N. 1	0,68	21,8	+ 3,6	200
27	724,95	— 3,08	+21,21	+2,44	+17,0	+27,4	11,56	+0,81	646	— 34	410	850	0,2	1	variable	0,74	21,8	+ 3,6	202
28	723,97	— 4,07	+18,89	+0,14	+15,7	+24,3	11,83	+1,08	746	+ 65	490	850	0,5	1	NNE. 2	0,66	21,0	+ 2,7	205
29	723,17	— 4,88	+20,13	+1,40	+15,5	+25,3	11,67	+0,92	682	+ 01	470	820	...	...	N. 1	0,43	21,3	+ 3,0	206
30	723,51	— 4,55	+19,18	+0,48	+17,0	+25,9	12,89	+2,14	802	+120	530	940	5,7	3	variable	0,79	21,1	+ 2,7	206
31	723,51	— 4,56	+21,04	+2,37	+16,1	+29,1	13,36	+2,61	751	+ 69	430	960	...	...	variable	0,50	—	—	206

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	729,00	729,20	728,89	728,33	727,79	727,43	727,42	727,89	728,32
2e «	727,08	727,17	727,00	726,73	726,60	726,21	726,05	726,63	727,18
3e «	726,29	726,44	726,27	725,69	725,06	724,58	724,56	725,20	725,60
Mois	727,42	727,57	727,35	726,88	726,44	726,02	725,96	726,53	726,99
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+16,66	+20,28	+23,79	+25,97	+26,43	+26,72	+24,60	+22,45	+20,53
2e «	+17,65	+20.41	+22,62	+24,21	+24,59	+24,78	+23,96	+22,09	+20,44
3e «	+17,99	+20,76	+22,45	+25,28	+26,67	+26,57	+24,81	+22,66	+21,43
Mois	+17,45	+20,49	+22,94	+25,16	+25,92	+26,04	+24,47	+22,41	+20,82
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1er décade	10,66	10,18	10,24	9,95	10,57	10,02	10,90	11,88	11,80
2e «	11,06	10,53	11,06	9,90	9,73	9,41	9,72	10,53	11,02
3e «	11,92	11,83	11,49	11,47	11,35	11,13	12,31	12,57	12,65
Mois	11,23	10,88	10,95	10,47	10,58	10,22	11,02	11,69	11,85
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	746	583	464	405	417	401	504	592	656
2e «	744	594	553	459	442	425	455	548	630
3e «	779	654	576	486	446	443	544	626	675
Mois	757	612	533	451	435	424	502	590	655

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	cm
1re décade	+14,41	+28,88	0,35	19,50	32,9	171,8
2e «	+15,83	+27,04	0,42	19,54	22,6	188,0
3e «	+16,90	+28,42	0,41	21,27	6,4	199,5
Mois	+15,75	+28,12	0,40	20,13	61,9	186,8

Dans ce mois, l'air a été calme 1,8 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,24 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 2°,0 E., et son intensité est égale à 46,6 sur 100.

Digitized by Google

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUILLET 1870.

Le 2, brouillard la plus grande partie de la journée.
4, id. depuis 8 h. du soir.
8, à 1 ½ h. de l'après-midi, grêle et tonnerres au N. et au S.
11, brouillard à peu près tout le jour.
12, id. depuis 8 h. du matin à 6 h. du soir.
13, id. tout le jour.
14, id. jusqu'à 10 h. du matin.
17, id. depuis 8 h. du matin.
18, id. jusqu'à 4 h. du soir.
19, 20, id. à 6 h. du matin et à 10 h. du soir.
26, id. depuis midi.
27, id. la plus grande partie de la journée.
28, id. tout le jour.
30, id. depuis 10 h. du matin à 8 h. du soir ; éclairs dans la soirée.
31, id. depuis 8 h. du matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1 à midi	569,53	Le 2 à 6 h. soir	564,17
5 à 10 h. soir	574,16	13 à 6 h. matin	564,69
16 à 2 h. après midi	569,83	17 à 6 h. soir	567,12
21 à 8 h. soir	572,88	23 à 6 h. matin	569,80
24 à 4 h. après m.	571,43	29 à 6 h. matin	564,86

Digitized by Google

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	569,08	+ 1,21	568,51	569,53	+ 5,60	+ 0,20	+ 2,4	+10,0	.....	.....	....	NE. 1	0,27
2	564,93	— 3,00	564,17	565,90	— 1,27	— 6,73	— 3,4	+ 2,6	30	8,7	7	NE. 1	0,98
3	565,86	— 2,12	564,90	566,69	+ 2,35	— 3,17	— 4,2	+ 6,5	.....	.....	....	NE. 1	0,20
4	568,94	+ 0,91	566,80	571,18	+ 4,83	— 0,75	+ 2,5	+ 8,0	.....	.....	....	NE. 1	0,61
5	573,57	+ 5,49	572,33	574,16	+11,47	+ 5,83	+ 6,0	+14,4	.....	.....	....	NE. 1	0,22
6	573,33	+ 5,20	573,15	573,59	+12,80	+ 7,10	+ 9,2	+16,3	.....	.....	....	NE. 1	0,50
7	572,80	+ 4,62	572,72	573,05	+12,77	+ 7,02	+10,0	+15,2	.....	.....	....	NE. 1	0,30
8	571,95	+ 3,72	571,82	572,29	+ 9,40	+ 3,60	+ 6,5	+14,3	.....	110,0	5	NE. 1	0,87
9	571,39	+ 3,12	571,30	571,58	+11,16	+ 5,31	+ 8,2	+14,4	.....	.....	....	NE. 1	0,33
10	571,10	+ 2,79	570,80	571,63	+13,68	+ 7,78	+ 9,8	+17,0	.....	.....	....	SO. 1	0,24
11	568,72	+ 0,37	567,74	569,69	+11,12	+ 5,17	+ 9,0	+13,5	.....	.....	....	SO. 1	0,79
12	565,18	— 3,21	564,79	565,76	+ 6,31	+ 0,32	+ 3,4	+ 9,2	.....	8,6	2	SO. 2	0,89
13	565,70	— 2,73	564,69	566,57	+ 3,66	— 2,37	+ 2,6	+ 6,0	.....	.....	....	NE. 1	0,95
14	568,39	— 0,08	567,04	569,71	+ 5,61	— 0,46	+ 3,2	+ 8,2	.....	.....	....	NE. 2	0,57
15	569,52	+ 1,01	569,41	569,81	+10,53	+ 4,42	+ 8,0	+15,4	.....	.....	....	variable	0,19
16	569,43	+ 0,88	569,20	569,83	+10,53	+ 4,39	+ 7,0	+14,2	.....	.....	....	NE. 1	0,61
17	567,39	— 1,19	567,12	567,93	+ 3,00	— 3,17	+ 2,2	+ 5,7	.....	2,2	4	NE. 2	0,90
18	568,15	— 0,46	567,26	569,11	+ 3,46	— 2,74	+ 1,8	+ 6,2	.....	.....	....	NE. 1	0,92
19	570,29	+ 1,65	568,99	571,42	+ 6,53	+ 0,30	+ 2,7	+ 9,6	.....	.....	....	NE. 1	0,40
20	571,94	+ 3,27	571,25	572,50	+ 8,09	+ 1,83	+ 5,1	+11,4	.....	.....	....	NE. 1	0,22
21	572,62	+ 3,92	572,28	572,88	+ 9,54	+ 3,25	+ 6,2	+12,3	.....	.....	....	NE. 1	0,28
22	570,61	+ 1,88	570,30	571,08	+10,32	+ 4,01	+ 7,5	+14,6	.....	.....	....	NE. 1	0,21
23	570,48	+ 1,73	569,80	571,10	+13,92	+ 7,59	+10,7	+17,4	.....	.....	....	variable	0,02
24	571,00	+ 2,23	570,65	571,43	+14,89	+ 8,54	+11,0	+18,2	.....	.....	....	NE. 1	0,03
25	570,57	+ 1,78	569,95	571,12	+13,62	+ 7,25	+12,6	+17,0	.....	.....	....	NE. 1	0,37
26	568,31	— 0,50	567,69	569,29	+ 9,08	+ 2,70	+ 7,8	+12,4	.....	.....	....	NE. 1	0,76
27	566,39	— 2,44	566,02	566,70	+ 7,28	+ 0,89	+ 5,2	+10,2	.....	3,5	6	NE. 1	0,89
28	565,05	— 3,79	564,90	565,46	+ 4,93	— 1,47	+ 4,7	+ 7,0	.....	.....	....	NE. 1	0,92
29	565,16	— 3,69	564,86	565,78	+ 6,70	+ 0,29	+ 3,3	+ 9,8	.....	1,2	1	NE. 1	0,53
30	566,15	— 2,71	565,59	566,68	+ 7,75	+ 1,34	+ 6,1	+10,2	.....	14,7	3	SO. 1	0,82
31	566,54	— 2,33	566,38	567,17	+ 7,94	+ 1,53	+ 5,2	+12,5	.....	3,0	3	SO. 1	0,86

Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	570,06	570,25	570,31	570,42	570,40	570,32	570,28	570,49	570,60
2e »	568,15	568,31	568,46	568,53	568,60	568,53	568,55	568,72	568,86
3e »	568,41	568,47	568,59	568,57	568,50	568,46	568,38	568,54	568,53
Mois	568,86	568,99	569,10	569,16	569,15	569,08	569,05	569,23	569,30
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+ 5,98	+ 8,51	+ 9,91	+11,23	+10,84	+ 9,90	+ 9,17	+ 8,22	+ 7,39
2e »	+ 5,34	+ 6,87	+ 7,95	+ 8,95	+ 9,49	+ 8,73	+ 7,65	+ 6,92	+ 6,70
3e »	+ 7,46	+ 9,87	+11,49	+12,18	+12,42	+11,39	+10,43	+ 9,37	+ 8,73
Mois	+ 6,30	+ 8,46	+ 9,84	+10,83	+10,96	+10,05	+ 9,13	+ 8,21	+ 7,64

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade	+ 4,70	+11,87	0,45	118,7	30
2e »	+ 4,50	+ 9,94	0,64	10,8	0
3e »	+ 7,30	+12,87	0,52	22,4	0
Mois	+ 5,56	+11,60	0,54	151,9	30

Dans ce mois, l'air a été calme 18,6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 4,47 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 55,9 sur 100.

* Voir la note du tableau.

Digitized by Google

Digitized by Google

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXXVIII (NOUVELLE PÉRIODE)

1870. — Nos 149 à 152.

Pages

De l'émission et de l'absorption des différentes espèces de chaleur émises par rayonnement à de basses températures, par M. *G. Magnus*. 5

Note sur la détermination du coefficient de dilatation d'un barreau d'argent, par MM. *E. Plantamour* et *A. Hirsch* 37

Description d'une méthode nouvelle pour déterminer les capacités calorifiques des corps liquides, par M. le professeur *E. Wartmann* 62

Observations sur un mémoire de M. Otto Wolffenstein, relatif à la densité de l'ozone, par M. *J.-L. Soret*. 67

Applications de l'analyse spectrale à l'étude des corps célestes. 74

La grotte du Scé, près Villeneuve, station suisse du Renne, par M. *H. de Saussure* 105

Note sur une carte du terrain erratique de la partie moyenne du bassin du Rhône, dressée par MM. *A. Falsan* et *Chantre* 118

Notice sur les observations météorologiques faites sur la côte du Labrador par des missionnaires moraves, par M. le professeur *Gautier* 132

Digitized by Google

Pages

De l'émission, de l'absorption et de la réflexion des différentes espèces de chaleur émises par rayonnement à de basses températures. 2me partie : De la réflexion de la chaleur, par M. *G. Magnus*. 147

Remarques à propos de l'ouvrage de M. Alfred Russel Wallace sur la théorie de la sélection naturelle, par M. *Édouard Claparède* 160

Recherches sur la polarisation rotatoire magnétique des liquides, par M. le professeur *A. de la Rive*. 209

Notice sur les terrains crétacés dans les chaînes extérieures des Alpes des deux côtés du Léman, par M. *V. Gilliéron* 255

Notice sur le radical de l'acide phtalique, par M. *E. Ador*. 287

Notice sur le nivellement de précision de la Suisse, dirigé par MM. *Hirsch* et *Plantamour*. 313

Note sur des stries glaciaires observées sur des grès de Fontainebleau dans les environs de Paris, par M. *E. Collomb* 332

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

Prof. *Rodolphe Wolf*. Sur quelques publications récentes. 292

PHYSIQUE.

Observations météorologiques faites en 1869 dans les stations forestières du canton de Berne. 91

Edward Hull. Observations sur la température des couches inférieures de la terre, faites à l'occasion du foncement de la houillère de Rose-Bridge dans le Lancashire 93

Digitized by Google

Pages

Kohlrausch et Nippolt. Détermination de la résistance électrique de l'acide sulfurique au moyen des courants alternants..... 190
J.-P. Harrison. Sur la radiation solaire 192
Prof. *Tyndall.* Sur la polarisation de la chaleur..... 196
P. Blaserna. Sur le développement et la durée des courants d'induction et des extra-courants 338
Charles Wheatstone. Sur une cause d'erreur dans les expériences électroscopiques 352
Édouard Hagenbach. Recherches sur les qualités optiques de la matière verte des feuilles 356
Hirn. Notice sur les variations de la capacité calorifique de l'eau. — *Le même.* Seconde notice relative à la chaleur spécifique de l'eau vers son maximum de densité. — *J. Jamin.* Sur l'emploi du courant électrique dans la calorimétrie. — *Jamin* et *Amaury.* Sur la chaleur spécifique de l'eau entre zéro et 100 degrés. 358

CHIMIE.

O. Loew. De la formation de l'ozone par combustion rapide 296
H. Topsoe. Recherches cristallographiques et chimiques sur les sels doubles haloïdes du platine..... 297
George Gore. Sur le fluorure d'argent 362
H. Sainte-Claire Deville. Action de l'eau sur le fer et de l'hydrogène sur l'oxyde de fer..... 365
Carl Engler et *Otto Nasse.* Sur l'ozone et l'antozone.. 370
H. Topsoe. Sur quelques sels du bichlorure de palladium. 374

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Adamük. Sur l'innervation des mouvements de l'œil. — *Donders.* Sur l'association congénitale et acquise... 299
Prof. *W. Waldeyer.* L'ovaire et l'œuf. — *W. Koster.* Recherches sur la formation des œufs dans l'ovaire des mammifères après la naissance et sur les relations de l'ovaire et du péritoine. — *Le même.* L'épithélium de l'ovaire. — *Ed. van Beneden.* Recherches sur la composition et la signification de l'œuf. — *Em. Dursy.*

Digitized by Google

Pages

La bandelette primitive de l'ambryon du poulet. — *Wilh. His.* Recherches sur les premiers rudiments du corps chez les vertébrés. — *Peremeschko.* Sur la formation des feuillets blastodermiques dans l'œuf de poule. — Dr *van Bambeke.* Recherches sur le développement du pélobate brun. — *A. Gœtte.* Recherches sur le développement du Bombinator igneus. — *C. Kupffer.* Observations sur le développement des poissons osseux. — *Rieneck.* Sur la stratification du blastoderme chez les truites..... 377

BOTANIQUE.

Dr *L. Rabenhorst.* Flore des Cryptogames de la Saxe, de la Haute-Lusace, de Thuringe et de la Bohême du Nord ; 2me partie : les Lichens..... 198

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

Observations faites pendant le mois d'avril 1870..... 97
Idem. pendant le mois de mai..... 201
Idem. pendant le mois de juin..... 305
Idem. pendant le mois de juillet..... 405

ERRATA.

P. 231, lig. 13, sur quatre, *lisez :* sur cinq.
Id. lig. 18, ces quatre, *lisez :* ces cinq.
Id. lig. 19, *après* l'iodure d'éthyle, *ajoutez* : l'alcool amylique.
P. 235, lig. 24, 21 à 40°, *lisez :* 31 à 40°.
P. 236, lig. 10, entre les diminutions de rotation, *lisez :* entre les rotations.
Id. lig. 11, entre les diminutions de densité, *lisez :* entre les densités.
Id. lig. 17, plus élevée, *lisez :* moins élevée.
Id. lig. 23, plus grand, *lisez :* plus faible.
P. 240, ligne 5, 1,8471, *lisez :* 1,842.

Digitized by Google

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Digitized by Google

GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT

Digitized by Google

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME TRENTE-NEUVIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE
GEORGES BRIDEL
Place de la Louve, 1

PARIS
JOEL CHERBULIEZ
Rue de Seine, 33

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, H. GEORG, A BALE

1870

Digitized by Google

Digitized by Google

SUR LE PASSAGE

DES

COURANTS D'INDUCTION ET DE DISJONCTION

A TRAVERS DES GAZ A DIFFÉRENTES PRESSIONS

ET

ENTRE DES POLES DE FORMES DIFFÉRENTES[1]

Par M. E. EDLUND.

(TRADUCTION)

---

1. *Préliminaires.*

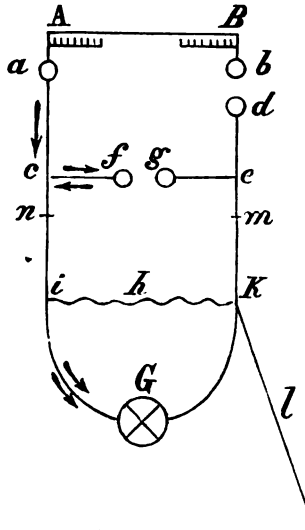
Pour abréger j'appellerai, dans ce qui va suivre, courants électriques de disjonction (elektrische Disjunctions-Ströme), les courants qui se développent dans l'étincelle électrique ou dans l'arc voltaïque, et, par analogie, force électromotrice de disjonction la force qui donne naissance à ces courants. Cette dénomination indique qu'un courant de cette nature ne se produit que lorsqu'il y a une interruption dans le circuit, partant un trait de feu ou une étincelle, et lorsqu'il y a transport sur un des deux pôles de la matière arrachée à l'autre[2].

J'ai employé, dans ce dernier travail, la même machine à influence que dans mes précédentes recherches sur ce

[1] Mémoire présenté à l Académie des Sciences de Stockholm, dans sa séance du 13 octobre 1869. (*Pogg. Annalen*, t. CXXXIX, p. 353.)

[2] Je désignerai dans la suite par le terme de « transport interpolaire, » la totalité du travail mécanique que le courant exécute dans l'arc voltaïque en arrachant des particules matérielles à l'une des deux électrodes, en leur imprimant une certaine vitesse, en déplaçant l'air sur son passage et en accomplissant d'autres effets encore.

Digitized by Google



genre de courants. A B (voir figure ci-contre) est le plateau mobile de cette machine; un fil de cuivre isolé *ac* part de la boule *a*, formant un des pôles de l'appareil; un second fil de cuivre *de* part de la boule de laiton *d*, qui est fixée en avant du second pôle *b*. Les extrémités de ces deux fils sont reliées par des fils de cuivre également isolés, d'une part aux deux boules *f* et *g*, d'autre part au galvanomètre G, que j'ai décrit ailleurs. Le pont *h* relie entre eux les deux bouts de fil qui aboutissent au galvanomètre; il se compose d'un fil en melchior; *l* sert à faire dériver une portion du courant dans le sol; *m* est un rhéostat dont le fil est fin et en melchior.

Les oscillations que l'aiguille du galvanomètre accomplit lorsque la machine est en activité, sont l'effet de trois courants différents, savoir : 1° de la portion du courant de la machine qui passe dans le fil du galvanomètre; 2° du courant de disjonction qui se forme lors du passage de l'étincelle électrique entre les deux boules *f* et *g*; 3° des courants d'induction produits par la décharge dans la bobine du galvanomètre. Pour ce qui est du premier de ces trois courants, son intensité est si faible dans les circonstances ordinaires, par rapport à celles des deux autres, qu'on peut le négliger entièrement. L'effet produit par le courant de disjonction est beaucoup plus intense, mais il est considérablement diminué lorsque le courant d'in-

Digitized by Google

duction de la bobine du galvanomètre vient à passer entre les deux boules *f* et *g*. Comme je l'ai déjà montré dans un mémoire antérieur [1], l'étincelle produit l'effet d'une soupape électrique, l'un des deux courants induits égaux et de sens contraires qui parcourent le circuit fermé la traverse en plus fortes proportions que l'autre. C'est la différence de ces deux courants qui agit sur l'aiguille du galvanomètre, et il se trouve qu'elle est toujours de sens opposé au courant de disjonction, de façon à diminuer l'oscillation que l'aiguille accomplirait sous l'action de ce courant seul. Si donc l'on veut pouvoir comparer entre elles les intensités différentes que le courant de disjonction acquiert suivant les circonstances dans lesquelles on opère, il faut prendre la précaution de disposer les expériences de façon à ce que l'action exercée sur l'aiguille par les courants induits développés dans l'intérieur du galvanomètre, soit autant que possible annulée. Le meilleur moyen de réaliser cette condition est de relier par un pont, tel que *ik*, les deux fils allant au galvanomètre. Dans ce cas, il n'y a plus qu'une portion du courant de la machine qui passe par le fil du galvanomètre, et le courant induit qui y prend naissance est affaibli d'autant; en outre, parties égales des deux courants induits de sens contraire passent par le pont et n'agissent par conséquent pas sur l'aiguille du galvanomètre. La portion de ces deux courants qui passe à travers l'étincelle, peut seule exercer une action sur l'aiguille, et, pour qu'elle soit aussi petite que possible, il faut que la résistance que l'électricité rencontre dans le pont soit excessivement faible, comparée à celle qu'elle

[1] *Oefversigt af Vet. Academiens Förhandl.*, 1868, p. 457. — *Pogg. Annalen*, t. CXXXVI, p. 337. — *Archives*, 1869, t. XXXV, p. 130.

Digitized by Google

éprouve dans le rhéostat et dans l'étincelle. Mais plus l'on diminue la résistance du pont, plus l'on diminue aussi l'action du courant de disjonction sur l'aiguille, parce que ce dernier finit par passer presque en entier par le pont, au lieu de traverser le galvanomètre. L'on ne peut donc pas, dans la diminution à apporter à la résistance du pont, dépasser une certaine limite au delà de laquelle le mouvement de l'aiguille du galvanomètre deviendrait insensible.

Des expériences préliminaires me conduisirent à prendre comme pont un fil de melchior de 27 centimètres de longueur, et $0^{mm},7$ de diamètre. Je pus facilement m'assurer que, avec cette disposition, l'action des courants d'induction sur l'aiguille était à peu près annulée. Pour cela je procédai comme suit : J'introduisis dans le circuit, entre *m* et *h* une bobine d'induction (B) d'une construction identique à celle de la spirale du galvanomètre ; puis, en avant de cette bobine, je disposai, en guise de pont, un fil de melchior de mêmes dimensions que celui dont il a été question. Les deux bobines étant placées dans des conditions absolument identiques, devaient donner des courants induits d'intensités égales, et envoyer dans les deux ponts des courants dérivés égaux aussi. Si donc l'on peut démontrer que le courant induit provenant de la bobine B n'exerce aucune influence sur le mouvement de l'aiguille galvanométrique, on aura démontré du même coup, que l'effet des courants induits dans la spirale du galvanomètre est nul aussi sur cette même aiguille. Je vais donner ici les résultats de quelques-unes des expériences que j'ai exécutées pour résoudre cette question. Je ferai observer, auparavant, que la résistance dans tout le circuit conducteur et dans l'étincelle est si grande, com-

Digitized by Google

parée à celle de la bobine et à celle du fil de melchior, que l'on peut parfaitement ne tenir aucun compte de ces dernières.

Première expérience. Le fil de melchior fut placé entre *m* et *k*. Lorsque la machine fut mise en activité, l'on obtint les déviations suivantes de l'aiguille du galvanomètre :

	35,5 divisions.
	35,5 »
Moyenne.....	35,5 divisions.

Deuxième expérience. La bobine B fut introduite dans le circuit entre *m* et *k*, de façon à ce que le fil de melchior formât le pont en avant de cette bobine.

	Déviations :
	35,8
	37,6
Moyenne.....	36,7

Troisième expérience. Pour voir s'il ne s'était point accompli de modification dans le jeu de la machine, la première expérience fut répétée et donna :

	Déviations :
	34,3
	37,3
Moyenne.....	35,8

Ainsi donc, lorsque la bobine était accompagnée du pont, il n'y avait pas trace d'induction. Au contraire, lorsqu'on enlevait le pont, la déviation était réduite de plus de moitié.

Les expériences qui suivent furent exécutées dans les mêmes conditions que les précédentes, après toutefois que l'on eut doublé la résistance du rhéostat.

Digitized by Google

Quatrième expérience. Le fil de melchior était dans le circuit.

	Déviations :
	20,5
	21,5
	21,5
Moyenne.....	21,2

Cinquième expérience. B était placé dans un circuit dérivé à côté du fil de melchior servant de pont.

	Déviations :
	21,6
	20,5
Moyenne.....	21,0

Sixième expérience. Comme la quatrième.

	Déviations :
	22,8
	22,1
Moyenne.....	22,4

Cette seconde série donna donc le même résultat que la première.

Pour étudier la nature de la force électromotrice de disjonction, dans le cas où l'étincelle électrique jaillit à travers des gaz différents, à des pressions différentes aussi, je fis usage d'un tube cylindrique en verre de 12 centimètres de longueur et de 7 centimètres de diamètre, fermé à ses deux extrémités par des plaques de laiton solidement vissées, de façon à tenir parfaitement le vide.

Au milieu de chacune de ces plaques était fixée une boîte à travers laquelle une tige de laiton passait à frottement doux, tout en produisant une fermeture herméti-

Digitized by Google

que entre elle et une rondelle de cuivre qui l'entourait. Les électrodes de formes diverses avec lesquelles on voulait opérer étaient vissées à chacune des deux extrémités intérieures de ces tiges de laiton. Celles-ci portaient, à leurs extrémités extérieures, une pince destinée à recevoir le bout des fils conducteurs. L'une de ces tiges était graduée en millimètres, de façon à ce qu'on pouvait, dans chaque cas, mesurer exactement la distance des électrodes. Toutes deux étaient séparées des obturateurs et des boîtes par une couche isolante. L'un de ces deux obturateurs portait un robinet en laiton, muni lui-même d'un raccord, servant à le relier avec une pompe pneumatique. Le tube cylindrique en verre avait, dans toutes les expériences, une position horizontale.

Pour me convaincre que le pont remplissait encore entièrement son but lorsque l'étincelle jaillissait à travers un gaz raréfié, je plaçai le tube de verre entre les points *c* et *e*, et je fis le vide dans son intérieur jusqu'à une pression de 15 millimètres. L'étincelle se produisait donc en *f g* dans de l'air raréfié.

Septième expérience. Le fil de melchior fermait le circuit.

	Déviations :
	15,7
	15,7
Moyenne.....	15,7

Huitième expérience. La bobine B est introduite dans un circuit dérivé à côté du pont.

	Déviations :
	13,8
	13,0
Moyenne.....	13,4

Digitized by Google

Neuvième expérience. Répétition de la septième.

	Déviations :
	12,0
	12,7
	15,5
Moyenne.....	13,4

L'action des courants d'induction de la bobine n'était donc pas appréciable ici non plus, et il en fut encore de même lorsque le vide fut poussé jusqu'à 6 millimètres. Dans toutes les expériences dont il sera question dans la suite, le pont fut continuellement maintenu dans la même position, en avant du galvanomètre. Les déviations de l'aiguille furent donc toujours indépendantes des courants d'induction provenant de la spirale du galvanomètre. Lorsque je ne ferai point d'observations spéciales, il sera entendu que les électrodes se composaient de deux boules de laiton d'égales dimensions.

2. *Comparaison de l'air sec avec l'air saturé d'humidité, l'acide carbonique et l'hydrogène.*

Pour dessécher l'air, on le faisait passer lentement, avant de l'introduire dans le tube cylindrique en verre, par deux vases remplis de ponce sulfurique et un tube plein de chlorure de calcium.

Pour saturer l'air d'humidité, on le faisait circuler à travers un long tube de verre rempli de morceaux de papier imbibés d'eau.

Dixième expérience. Le tube de verre était rempli d'air saturé d'humidité.

	Déviations :
	36,8
	37,3
	42,3
	40,3
Moyenne.....	39,2

Digitized by Google

Onzième expérience. Air sec.

Déviations :

49,7
52,0
53,0

Moyenne..... 51,6

Douzième expérience. Comme la dixième.

Déviations :

41,8
44,3
39,6

Moyenne..... 41,9

Une autre série d'expériences, faites dans des conditions un peu différentes, donna les résultats suivants :

Treizième expérience. Air saturé d'humidité.

Déviations :

35,8
35,3
38,3

Moyenne..... 36.5

Quatorzième expérience. Air sec.

Déviations :

44,5
42,0
42,0

Moyenne..... 42,8

Quinzième expérience. Comme la treizième.

Déviations :

34,5
34,0
35,5

Moyenne..... 34,7

Digitized by Google

La déviation est donc toujours plus forte avec l'air sec qu'avec l'air saturé d'humidité. L'on trouvait même une déviation notablement plus forte avec l'air sec qu'avec l'air de la chambre, qui cependant était bien loin d'être saturé d'humidité. L'on obtint une fois, par exemple, une déviation de 8 divisions avec l'air sec, et 6,1 divisions avec l'air non desséché.

On ne comprend pas bien pourquoi la déviation de l'aiguille est plus forte lorsque l'étincelle traverse un air desséché, que dans le cas contraire. L'on peut cependant attribuer ce fait, en partie, à ce que la formation de l'étincelle exige dans l'air sec une tension électrique plus forte que dans l'air humide. Avant le moment où l'étincelle jaillit, la tension électrique à la surface des deux pôles croît graduellement jusqu'à ce qu'elle ait acquis une intensité suffisante pour vaincre la résistance que lui oppose la colonne d'air interposée. C'est pourquoi dans l'air humide l'étincelle apparaît plus vite, et cela sous une tension électrique plus faible ; elle entraîne alors avec elle une moindre quantité de particules matérielles arrachées, aux électrodes, d'où il suit enfin une diminution de la force électromotrice de disjonction. Le pouvoir conducteur de l'étincelle dépendant évidemment de la quantité de particules métalliques entraînées d'un pôle à l'autre, est amoindri aussi du même coup. Puis donc que la force électromotrice et la conductibilité sont toutes deux diminuées lorsque l'air est humide, il doit s'ensuivre nécessairement aussi une diminution dans l'amplitude de la déviation de l'aiguille. Les expériences faites sur les gaz raréfiés ont paru s'accorder avec cette interprétation.

Seizième expérience. Le cylindre de verre fut rempli

Digitized by Google

d'acide carbonique, puis vidé, pour être rempli de nouveau du même gaz, et cela plusieurs fois de suite, jusqu'à ce que l'on pût être sûr qu'il ne renfermait plus d'air. L'acide carbonique préparé au moyen de la réaction de l'acide chlorhydrique sur du marbre montra à l'essai qu'il ne renfermait pas sensiblement de gaz étranger. On le desséchait convenablement avant de l'introduire dans l'appareil décrit ci-dessus. Les deux électrodes dans l'intérieur du cylindre de verre durent être rapprochées dans le cas où l'on opérait sur ce gaz, parce que, sans cela, l'étincelle ne traversait pas. Aussi les déviations de l'aiguille furent-elles relativement faibles.

Avec l'acide carbonique l'on obtint de la sorte les déviations suivantes :

	16,3
	13,3
	15,3
	16,8
Moyenne.....	15,4

Dix-septième expérience. Le cylindre de verre fut rempli d'air non desséché.

	Déviations :
	6,2
	6,2
	7,2
Moyenne.....	6,5

Dix-huitième expérience. Comme la seizième.

	Déviations :
	17,0
	15,5
	14,0
Moyenne.....	15,5

Digitized by Google

Quelques autres expériences conduisirent au même résultat, à savoir que la déviation est notablement plus forte avec l'acide carbonique qu'avec l'air.

Dix-neuvième expérience. Le cylindre de verre fut rempli de gaz hydrogène, que l'on avait eu soin de dessécher avant de l'introduire dans l'appareil. L'on obtint, avec ce gaz, les déviations suivantes :

	13,5
	11,5
	11,5
Moyenne.....	12,2

Vingtième expérience. Le cylindre fut rempli d'air.

	Déviations :
	6,0
	5,5
	5,7
Moyenne.....	5,7

Vingt-unième expérience. Comme la 19me.

	Déviations :
	14,3
	15,3
	14,8
Moyenne.....	14,8

Dans le cas de l'hydrogène, la déviation fut donc encore notablement plus forte qu'avec l'air. En revanche, lorsque le tube eut été rempli de gaz d'éclairage, l'on obtint une déviation à peine plus forte qu'avec l'air. Avec le premier de ces deux mélanges gazeux, on observa une déviation de 13,5, avec le second, de 11,9.

Digitized by Google

3. *Loi suivant laquelle le courant de disjonction varie avec la densité du gaz traversé par l'étincelle.*

Pour étudier ce point spécial, j'exécutai des expériences avec l'air, l'acide carbonique et le gaz d'éclairage. Les deux premiers de ces trois gaz furent desséchés, le troisième en revanche ne le fut pas. Je ne donnerai ici que les moyennes des résultats obtenus.

Air.

Pression dans le cylindre de verre	1 atm.	140mm	80mm	40mm	20mm	4mm
Déviations....	46	7,0	15,8	20,6	20,9	65,9
	42,7	6,5	13,7	—	—	56,1
		6,3	13,7			
			17,4			
Moyenne..	44,4	6,6	15,2	20,6	20,9	61,0

Lorsque la pression s'abaissa de 1 atmosphère à 140 millimètres, la déviation diminua de 44,4 à 6,6 divisions; puis elle augmenta de nouveau et arriva à être plus forte à 4 millimètres qu'à 1 atmosphère.

Les expériences exécutées avec l'acide carbonique desséché conduisirent au même résultat; la déviation atteignit un minimum vers 140 millimètres de pression pour recroître ensuite.

Acide carbonique.

Pression dans le cylindre de verre.	1 atm.	140mm	80mm	40mm	20mm	7mm
Déviations ...	23,6	3,4	15,1	7,0	11,9	15
	—	3,0	19,9	8,7	16,5	—
Moyenne..	23,6	3,2	17,8	7,9	14,2	15,0

Dans le cas du gaz d'éclairage, on constata aussi que

Digitized by Google

la déviation diminuait avec la pression; mais les variations n'étaient pas aussi marquées avec ce gaz qu'avec les deux précédents.

Gaz d'éclairage.

Pression dans le cylindre de verre.	1 atm.	140mm	80mm	40mm	20mm	6mm
Déviations...	40,1	28,6	23,8	—	21,8	41,9
	39,2	27,1	26,3	24,9	25,0	49,3
Moyenne..	39,7	27,9	25,1	24,9	23,4	45,6

Le fait que les déviations commencent par diminuer pour augmenter ensuite, montre que les causes qui président à ces variations sont multiples. La grandeur de la déviation dépend de la force électromotrice, de la conductibilité de l'étincelle, et de sa durée. La force électromotrice diminue avec la pression, et cela par suite de la réduction que le transport interpolaire subit lorsque la tension électrique nécessaire à la production de l'étincelle s'affaiblit elle-même avec la raréfaction du gaz [1]. Si donc, comme on peut le présumer, la conductibilité du gaz aussi bien que la durée de l'étincelle s'accroissent au contraire lorsqu'il est plus raréfié, l'on peut alors expliquer le fait que nous venons de constater, à savoir que les déviations commencent par diminuer pour augmenter ensuite. Il faudra néanmoins faire de nouvelles expé-

[1] Dans un précédent travail j'ai admis, sans preuve expérimentale, que l'étincelle électrique n'est soumise à aucune modification appréciable, lorsqu'un courant galvanique la traverse dans l'un ou l'autre sens; j'ai fondé sur cette donnée une méthode pour la mesure directe de la force électromotrice de disjonction. Cette hypothèse s'est trouvée fausse. L'étincelle subit une modification considérable par le passage d'un courant galvanique, de telle sorte que les déterminations faites avec cette méthode ne peuvent être regardées comme exactes que dans le cas où l'étincelle n'est traversée par aucun courant galvanique.

Digitized by Google

riences pour décider si cette manière d'interpréter les faits est bien réellement la bonne.

Dans le cours de ces recherches et pour en contrôler les résultats, je fis quelques expériences avec des tubes de Geissler, afin de voir si je pourrais y trouver un courant de disjonction. Trois de ces tubes, qui étaient désignés comme contenant de l'oxygène, de l'hydrogène et du chlore, me donnèrent des déviations bien marquées ; deux autres, en revanche, dont le premier renfermait de l'acide carbonique, et dont le second n'avait point de désignation, ne donnèrent aucun indice d'un courant de disjonction.

4. *Influence de la forme des électrodes et du sens du courant sur le transport interpolaire et l'intensité du courant de disjonction.*

On sait que dans l'arc voltaïque l'usure du pôle positif est plus grande que celle du pôle négatif. Si l'on observe avec soin la forme des deux électrodes entre lesquelles l'étincelle de la machine à influence a jailli quelque temps, l'on distingue très-facilement l'électrode positive de la négative, parce qu'elle a été beaucoup plus modifiée par le passage du courant que cette dernière. L'électricité positive joue donc un rôle beaucoup plus considérable dans l'acte qui consiste à arracher les particules matérielles constituant les deux électrodes que l'électricité négative. Puisque l'électricité positive s'échappe facilement d'une pointe acérée, sans produire pour cela une plus forte usure, l'on peut supposer que si l'une des deux électrodes consiste en une pointe, l'autre en une plaque perpendiculaire à la direction du courant, le transport interpolaire devra être plus fort lorsque le courant

Digitized by Google

positif ira de la plaque à la pointe que dans le cas contraire. Il est probable, par conséquent, que lorsque la décharge passera de la plaque à la pointe, le courant de disjonction atteindra une plus grande intensité que lorsqu'elle s'accomplira dans l'autre sens, et cela parce que la force électromotrice de disjonction croît avec le transport interpolaire, et que la quantité de particules matérielles arrachées aux deux pôles augmentant, la conductibilité de l'étincelle augmente avec elle.

Pour vérifier l'exactitude de ce qui vient d'être avancé, je fixai à l'une des deux tiges de laiton pénétrant dans le cylindre de verre une plaque ronde également de laiton, ayant 27^{mm} de diamètre, et à l'autre une pointe aiguë du même métal. Les expériences furent faites dans un espace rempli d'air.

22me *expérience.*

	La plaque négative.	La plaque positive.	La plaque négative.
Déviations....	28,9	36,6	27,4
	27,9	34,1	25,9
	27,4	31,9	24,6
	24,0	34,1	25,4
Moyenne.....	27,1	34,2	25,8

23me *expérience.* L'on exécuta les observations suivantes, après avoir un peu modifié la disposition de la machine, et avoir changé les deux rhéofores, de façon à ce que les déviations se produisissent de l'autre côté :

	La plaque négative.	La plaque positive.	La plaque négative.
Déviations....	35,4	47,3	36,5
	34,7	46,3	36,7
	34,0	44,3	35,7
		42,0	36,2
Moyenne.....	34,7	45,0	36,3

Digitized by Google

24me *expérience.* La pointe conique en laiton fut enlevée et remplacée par un fil de platine de 1mm de diamètre, enfermé dans un tube de verre de même diamètre, et de 3cm de longueur, l'enveloppant entièrement jusqu'à son extrémité. Avec cette nouvelle disposition l'on exécuta trois séries d'expériences consécutives, dans lesquelles la longueur de l'étincelle fut successivement 1mm, 2mm et 3mm. Il suffit de donner ici les moyennes des déviations obtenues :

	Longueur de l'étincelle.	La plaque positive.	La plaque négative.
Déviations....	1mm	12,0	8,1
	2mm	26,2	19,2
	3mm	47,5	37,6

Des expériences 22, 23 et 24 il ressort clairement que les courants de disjonction atteignent leur plus grande intensité lorsque la décharge positive va de la plaque à la pointe. La cause de ce fait est, comme nous l'avons dit déjà, que dans ce cas le transport interpolaire est plus grand que dans le cas contraire. Il est clair que la différence entre les deux courants de disjonction devra être plus faible, lorsqu'à la place de la plaque de laiton on emploiera une plaque semblable d'un autre métal, dont l'usure soit plus rapide, de telle sorte que le travail mécanique que la décharge doit exécuter dans ce transport interpolaire soit plus petit. Si l'on prend pour l'un des pôles une surface de mercure, au lieu d'une plaque de laiton, le travail mécanique que la décharge a à exécuter consiste essentiellement dans le fait de donner aux particules de mercure une certaine vitesse à l'instant de leur séparation d'avec la surface. Les expériences suivantes furent exécutées pour l'étude de ce cas particulier.

Digitized by Google

25me expérience. La pointe de laiton, employée déjà précédemment, fut placée verticalement au-dessus d'une capsule de porcelaine pleine de mercure. Le mercure fut relié par un fil conducteur au point *e*, la pointe au point C (Voir la fig. de la p. 6). L'on obtint de la sorte les résultats suivants :

	Mercure positif.	Mercure négatif.	Mercure positif.
Moyenne des déviations	37,2	43,0	40,1

La déviation était donc plus grande lorsque le mercure était négatif; dans les expériences précédentes, c'est le contraire qui avait lieu. Il faut donc que la force électromotrice de disjonction soit plus faible lorsque l'étincelle se produit entre des pôles de mercure qu'entre des pôles de laiton. Ce fait est confirmé, du reste, par les deux séries d'expériences qui suivent.

26me expérience. La pointe conique de laiton fut remplacée par une boule du même métal, ayant 17mm de diamètre, et qui produisait, comme des expériences spéciales l'ont démontré, à peu près le même effet que la plaque employée précédemment. Deux séries d'expériences indépendantes l'une de l'autre, exécutées avec cette disposition-là, donnèrent les résultats suivants :

	Mercure négatif.	Mercure positif.	Mercure négatif.
Moyenne des déviations.	51,8	35,9	51,9
	28,4	16,9	29,2

D'où il suit que les déviations étaient notablement plus faibles lorsque la décharge positive allait de la surface de mercure à la boule de laiton que dans le cas contraire.

L'on pourrait objecter à ces dernières expériences que la surface du mercure ne demeure pas bien plane pen-

Digitized by Google

dant le passage de la décharge, mais qu'elle s'élève en pointe vers l'électrode opposée. Le fait que la déviation a été le plus faible lorsque la décharge positive allait de la surface de mercure à la boule tiendrait alors, suivant cette interprétation, à ce que la décharge allait d'une pointe à une boule. Or, il ne m'a pas été possible de constater une élévation semblable du mercure. D'ailleurs, une diminution aussi considérable de la déviation ne pourrait même pas s'expliquer, en admettant que la surface du mercure prenne la forme d'une pointe de mêmes dimensions que la pointe de laiton précédemment employée. Il faut donc de toute façon admettre que le mercure contribue, par sa nature même, à rendre la déviation plus faible. Ces expériences montrent simplement que la force électromotrice de disjonction est plus faible entre des pôles de mercure qu'entre des pôles de laiton ; mais elles ne donnent pas la mesure du rapport existant entre les deux valeurs différentes qu'affecte cette force. Pour effectuer cette mesure, dans le cas où les deux pôles sont en mercure, l'on procéda de la manière suivante :

Deux vases en verre, munis à leur partie inférieure d'un ajutage à robinet, furent remplis de mercure et disposés l'un à côté de l'autre, de telle sorte que les deux jets de mercure qui s'en échappaient se rapprochassent suffisamment pour qu'une étincelle pût jaillir entre deux. Le mercure était recueilli dans un vase de verre, et cela dans deux compartiments séparés. Lorsque les deux vases furent reliés, l'un avec le point *c*, l'autre avec le point *e*, et que la machine fut mise en jeu, on obtint des déviations si bien déterminées qu'il n'y avait plus de doute à avoir sur la nature de la force électromotrice du mercure, quant au point spécial qui nous occupe ici.

Digitized by Google

Je répétai les mêmes expériences après avoir rempli les deux vases, non plus avec du mercure, mais avec un mélange d'eau et d'acide sulfurique. Lors même qu'une étincelle très-faible, visible cependant dans l'obscurité, jaillissait entre les deux veines fluides, je n'observai point de déviation qui put être attribuée au courant de disjonction. Malgré ce résultat négatif, je ne doute cependant pas qu'il n'y ait dans ce cas, entre les deux pôles liquides, production de force électromotrice, lors même que les moyens que j'avais à ma disposition ne m'ont pas permis de le constater.

5. *Conductibilité plus grande de l'étincelle pour le courant induit de même sens que la décharge que pour l'autre.*

Dans un précédent Mémoire, j'ai démontré que, lorsque les courants produits par induction sont amenés à traverser une décharge électrique, ce sont les courants de même sens que cette décharge qui traversent le plus facilement. L'étincelle joue donc le rôle de soupape électrique; celui des deux courants induits opposés, qui va dans le même sens que la décharge préexistante, traverse en plus grandes proportions que le courant opposé. Néanmoins, l'on peut se convaincre, ne fût-ce qu'à l'aspect de l'étincelle, que l'autre courant passe aussi en une certaine mesure. Quand la bobine d'induction est placée dans le circuit entre *e* et *g* (voir la figure de la page 6), l'étincelle s'affaiblit et ne peut pas franchir entre les deux boules un aussi grand intervalle que lorsque l'on enlève la bobine; d'où il suit que le courant d'induction développé à l'instant où l'étincelle commence à passer, et de sens contraire traverse

Digitized by Google

réellement la décharge. Dans ce cas, l'intensité de l'étincelle est diminuée par l'induction ; en même temps, la courbe qui donne l'expression graphique de cette intensité se trouve aplatie. Si, au contraire, la bobine d'induction est disposée entre *e* et *k*, l'intensité de l'étincelle augmente, et cela parce qu'alors le courant d'induction développé au début du passage de la décharge est de même sens que celle-ci. L'étincelle est plus forte et peut franchir un plus long espace que lorsque l'on enlève la bobine. Maintenant l'on pourrait être tenté d'admettre que si l'introduction de la bobine entre *e* et *g* ou *e* et *k* diminue la déviation produite par le courant de disjonction, cela ne tient pas à ce que le courant de même sens que la décharge traverse en plus fortes proportions, mais à ce que la courbe donnant la représentation graphique de l'intensité de l'étincelle change peut-être de forme quand même les deux courants passent en égales proportions. Il est facile néanmoins de s'assurer qu'il n'en est point ainsi.

Nous admettons, pour un instant, que les deux courants traversent l'étincelle en proportions parfaitement égales ; cela étant, les quantités d'électricité qui passent dans un sens et dans l'autre devront aussi être absolument égales, tant lorsque la bobine est dans le circuit que lorsqu'elle n'y est pas. Ce ne peut donc être que le changement apporté par l'introduction de la bobine entre *e* et *g* ou entre *e* et *k* à la courbe d'intensité de l'étincelle qui fait, dans ce cas, que l'impulsion imprimée par le courant à l'aiguille du galvanomètre se trouve diminuée. Mais maintenant il convient de remarquer que l'intensité de l'étincelle augmente lorsque la bobine est

Digitized by Google

placée entre *e* et *k*, tandis qu'elle diminue lorsque la bobine est introduite entre *e* et *g*. Deux modifications opposées dans l'intensité auraient donc toutes deux, avec cette manière de voir le même résultat, savoir une diminution de l'effet produit par le courant de disjonction sur l'aiguille aimantée. Ceci ne pourrait s'expliquer qu'en admettant que la déviation produite par le courant de disjonction, en l'absence de tout courant induit, soit un véritable maximum, et qu'un changement quelconque apporté aux conditions dans lesquelles s'accomplit l'étincelle ne puisse que la diminuer. Mais la déviation n'atteint point dans ce cas un maximum; car, dans tous les cas possibles, elle se trouve réduite par l'introduction de la bobine; que l'intervalle entre les deux boules soit long ou court, qu'il y ait ou non un pont en avant du galvanomètre, que les bouteilles de Leyde dépendantes de la machine aient de grandes ou de petites armatures, ou que d'autres conditions encore, qui influent sur la forme de la courbe, viennent également à varier, l'effet produit par l'introduction de la bobine d'induction sera toujours le même. Il suit de là que les deux courants induits ne peuvent pas traverser l'étincelle en proportions égales.

Mais l'on pourrait dire alors que ce ne sont pas les courants passant par l'étincelle dans le même sens que la décharge qui traversent le plus facilement et dans les plus fortes proportions, mais bien plutôt les courants de sens opposé à la décharge, mais de même sens que le courant de disjonction. Ces derniers s'ajoutent naturellement au courant de disjonction, et augmentent d'autant la déviation de l'aiguille galvanométrique; toutefois, ils produisent en même temps une telle diminution du trans-

Digitized by Google

port interpolaire que, somme toute, la déviation de l'aiguille se trouve diminuée. L'on peut avancer plus d'une preuve contre cette interprétation. La meilleure est encore celle qui ressort des expériences qui vont suivre.

Nous admettons, pour le moment, que le courant d'induction de sens opposé à la décharge, de même sens par conséquent que le courant de disjonction, est celui qui traverse le plus facilement l'étincelle, et diminue de la sorte, comme nous venons de le voir, la déviation de l'aiguille du galvanomètre. Pour mieux comprendre cette action, que l'on se représente les choses comme suit : Le dit courant d'induction produit une usure des électrodes; il se développe de la sorte un courant de disjonction de sens opposé au courant de disjonction primitif, et diminuant par ce fait même la déviation de l'aiguille du galvanomètre. Or, nous savons, par les expériences 22 à 24, que le courant de disjonction atteint une valeur maxima lorsque la soupape est disposée de façon à ce que la décharge aille de la plaque à la pointe. D'où il suit que la déviation de l'aiguille du galvanomètre doit être le plus faible, dans le cas où le courant d'induction dont il est ici question va de la plaque à la pointe, ou, ce qui revient au même, lorsque la décharge va de la pointe à la plaque. Mais les expériences qui vont suivre montreront que c'est précisément le contraire qui a lieu. L'interprétation en vertu de laquelle le courant d'induction de sens opposé à la décharge serait celui qui traverse le plus facilement l'étincelle n'est donc pas admissible. Pour ces expériences, l'on avait vissé la rondelle de laiton, déjà employée précédemment, à l'une des deux tiges contenues dans le cylindre de verre, à l'autre tige était fixé

Digitized by Google

le fil de platine enfermé dans une tube de verre. La pression dans l'intérieur de ce cylindre était de 1 atmosphère.

27me *expérience.* La soupape fut d'abord tournée de façon à ce que la décharge positive de la machine allât du fil à la plaque. L'on obtint alors :

	Sans bobine d'induction.	Bobine entre *e* et *k*.	Sans bobine.
Moyenne des déviations....	37,1	6,2	37,6

La soupape fut ensuite retournée, de sorte que la décharge allait de la plaque au fil :

Moyenne des déviations....	47,4	8,5	46,2

L'induction produit sur la déviation de l'aiguille une diminution mesurée par $\frac{37,1+37,6}{2}-6,2=31,2$ divisions dans le premier cas, par 38,3 divisions dans le second. Cette diminution est donc plus grande dans le second cas que dans le premier, contrairement à l'hypothèse ci-dessus.

28me *expérience.* Cette expérience fut identique à la précédente, sauf en ce qui concerne la position de la bobine, laquelle fut disposée cette fois sur le pont, entre les points *e* et *g*. En premier lieu, la décharge de la machine allait du fil à la plaque.

	Sans bobine.	Bobine entre *e* et *g*.	Sans bobine.
Moyenne des déviations....	38,4	5,9	38,7

La soupape ayant été retournée, et l'étincelle allant de la plaque au fil, l'on eut :

Moyenne des déviations....	45,0	5,1	48,6

Digitized by Google

Cette expérience confirme la précédente. Ce ne peut donc pas être le courant d'induction opposé à la décharge qui traverse l'étincelle le plus facilement, mais ce doit être l'autre.

Maintenant que l'on a acquis la certitude que c'est le courant induit de même sens que la décharge qui traverse le plus facilement l'étincelle, l'on peut tirer des expériences qui précèdent une autre conclusion. Elles montrent, en effet, que la diminution apportée par le courant induit à l'amplitude de la déviation est plus grande lorsque ce courant traverse l'étincelle de la plaque à la pointe que dans le cas contraire. Un courant d'induction qui traverse une étincelle passe plus facilement lorsqu'il va de la plaque à la pointe. Ce résultat, qui se rapporte au cas où l'étincelle jaillit dans un espace rempli d'air, est au fond le même que celui que M. Riess avait trouvé pour une étincelle jaillissant dans l'air raréfié.

6. *Action réciproque des courants d'induction et de disjonction, prépondérance de l'un ou de l'autre.*

Nous venons maintenant au cas où la décharge électrique traverse une spirale en produisant un courant induit dans une spirale voisine (spirale d'induction). Quand cette dernière est reliée à un galvanomètre, et que ses extrémités communiquent ensemble au moyen d'un circuit métallique continu, l'on n'obtient point de déviation, parce que les deux courants induits de sens contraires sont égaux. Si, en revanche, il y a dans ce circuit un intervalle où se produise une étincelle, l'aiguille aimantée est déviée sous l'action prépondérante d'un cou-

Digitized by Google

rant qui va dans le même sens que la décharge. Lorsque l'étincelle jaillit dans l'air raréfié, les choses se passent ainsi, du moins dans les conditions ordinaires, quelle que soit la forme des électrodes. L'on a alors, en réalité, quatre courants différents, savoir deux courants d'induction et deux courants de disjonction. Si l'on introduit un galvanomètre dans le circuit, en y joignant un pont convenablement disposé, le système des courants est encore plus complexe. Les deux courants induits ont la même force électromotrice, et si le passage à travers l'étincelle opposait à tous deux la même résistance, leur action sur le galvanomètre serait complétement nulle. Quant aux courants de disjonction, leurs forces électromotrices ne peuvent en aucune façon être égales. Le premier courant d'induction, celui qui est de sens opposé à la décharge, a une couche d'air très-dense à traverser, et comme cela ne peut se faire qu'avec une tension électrique assez forte, ce passage est accompagné d'un grand transport interpolaire. Le second courant d'induction, celui qui est de même sens que la décharge, suivant immédiatement le premier, trouve sur son passage un air raréfié, et produit de la sorte une beaucoup moindre usure des électrodes. Le premier courant d'induction doit donc donner naissance au courant de disjonction le plus intense. Ce dernier, lequel est de même sens que le second courant d'induction, est celui qui produit la déviation de l'aiguille du galvanomètre. Pour se rendre compte de l'action en vertu de laquelle le premier courant d'induction produit le plus fort courant de disjonction, il n'est point nécessaire de recourir à une propriété spéciale; elle s'explique, en effet, suffisamment par le fait que c'est ce courant qui donne

Digitized by Google

naissance à l'étincelle. Lorsque les électrodes se trouvent dans un espace fermé, où l'on peut faire le vide, l'on voit diminuer la force électromotrice du courant de disjonction dans le même rapport que la pression. En définitive, la force électromotrice des courants d'induction, laquelle ne dépend pas de la densité de la couche d'air traversée, devient plus grande que l'autre, et alors ce sont les courants d'induction qui deviennent la cause principale des déviations de l'aiguille aimantée.

M. Riess[1] a montré qu'en changeant le sens d'une soupape électrique introduite dans le circuit d'un courant induit, et en modifiant la pression dans son intérieur, on obtenait les résultats suivants : Quand l'étincelle se produit à la pression atmosphérique, l'aiguille d'un galvanomètre disposé dans le circuit dévie du même côté que sous l'action du second courant d'induction. Pour ce cas-ci, le sens dans lequel l'aiguille dévie est indépendant du sens dans lequel le second courant d'induction traverse la soupape. Quand le dit courant va de la plaque à la pointe, et que l'on raréfie graduellement l'air dans l'intérieur de la soupape, les déviations de l'aiguille du galvanomètre s'accomplissent toujours du même côté; mais elles diminuent d'abord de plus en plus jusqu'à une certaine limite, à partir de laquelle elles regagnent de nouveau en intensité, tandis que l'on continue à faire le vide. Si, au contraire, la soupape est tournée de façon à ce que le second courant d'induction aille de la pointe à la plaque, les déviations de l'aiguille diminuent plus rapidement, à mesure qne l'on fait le vide, jusqu'à changer de

[1] Abhandlungen über die Lehre von der Reibungs-Electricität. Berlin, 1867, p. 316. (*Poggend. Annalen*, tome CXX, p. 513.)

Digitized by Google

sens, et à augmenter ensuite de plus en plus lorsqu'on raréfie l'air davantage.

Ces faits étaient difficiles à interpréter avant la découverte des courants de disjonction. Maintenant il est aisé de s'en rendre compte. La déviation que l'on obtient lorsque la soupape est pleine d'air ne provient pas, comme on le pensait, du second courant d'induction, mais du courant de disjonction, résultant du premier courant d'induction. Lorsqu'on fait le vide, le courant de disjonction devient plus faible, tandis que les courants d'induction gagnent de plus en plus en intensité, jusqu'à ce qu'enfin ce soient eux qui déterminent le sens de la déviation. Or, nous savons, par les résultats des expériences 27 et 28, que c'est lorsqu'il va de la plaque à la pointe qu'un courant d'induction traverse le plus facilement l'étincelle. Si donc la soupape est tournée de façon à ce que le second courant d'induction se dirige de la plaque à la pointe, le sens des déviations de l'aiguille aimantée demeurera invariable, tandis que l'air dans l'intérieur sera de plus en plus raréfié. Mais la déviation de l'aiguille aimantée n'est pas occasionnée dans tout le cours de l'expérience par le même courant ; lorsque la pression est élevée, c'est le courant de disjonction qui exerce l'action principale sur l'aiguille aimantée ; lorsque l'air est suffisamment raréfié, c'est le second courant d'induction qui joue le rôle prépondérant. Si, au contraire, la soupape est tournée de telle sorte que ce soit le premier courant d'induction qui aille de la plaque à la pointe, ce courant déterminera le sens de la déviation une fois que l'air aura été suffisamment raréfié. Dans ce cas, le sens de cette déviation doit donc changer à l'instant où, en faisant

Digitized by Google

le vide, on aura dépassé une certaine limite. Dans l'espace plein d'air, c'est le courant de disjonction qui l'emporte; dans l'air raréfié, c'est au contraire le premier courant d'induction.

Les expériences précédentes nous ont fourni un moyen très-simple de reconnaître si une déviation quelconque de l'aiguille aimantée est produite par un courant de disjonction ou par un courant d'induction. En effet, les expériences 22, 23 et 24 montrent que, dans le cas d'une étincelle jaillissant entre une plaque et une pointe, le courant de disjonction acquiert sa plus grande intensité lorsque la décharge va de la plaque à la pointe, et lui-même, par conséquent, de la pointe à la plaque. Les expériences 27 et 28 montrent, en outre, que lorsqu'un courant d'induction produit une déviation de l'aiguille aimantée, celle-ci atteint sa valeur maxima lorsque le courant va de la plaque à la pointe. Ainsi donc, si l'on obtient une plus forte déviation en faisant passer le courant, dont elle dénote la présence, de la pointe à la plaque, que dans le cas contraire, l'on a à faire à un courant de disjonction; si, au contraire, la déviation est plus grande quand le courant va de la plaque à la pointe que pour la position inverse de la soupape, on peut être sûr que l'aiguille se déplace sous l'influence d'un courant d'induction. Cette règle est sans exception pour tous les cas où la déviation constatée ne se produit que sous l'action d'un courant de disjonction, ou sous l'action d'un courant d'induction. Mais si ces deux courants agissent simultanément dans des proportions égales, la règle que nous venons d'établir pourra, on le voit clairement, se trouver en défaut.

M. Riess a reconnu que dans le cas où l'air de la sou-

Digitized by Google

pape est à la pression atmosphérique, la plus forte déviation se produit lorsque le second courant induit, lequel, suivant lui, détermine seul le sens de cette déviation, va de la pointe à la plaque. Comme nous venons de le voir, c'est là une preuve que, dans ces conditions, la déviation obtenue résulte d'un courant de disjonction.

Les expériences qui suivent confirment cette observation, et démontrent, une fois de plus, que c'est bien à un courant de disjonction que l'on a à faire dans ce cas. L'expression « plaque positive » signifie que le second courant d'induction allait de la plaque à la pointe, et l'expression « plaque négative » indique le contraire.

29me expérience.

	Plaque positive.	Plaque négative.	Plaque positive.
Moyenne des déviations....	19,6	30,8	22,8

30me expérience.

	Plaque positive.	Plaque négative.	Plaque positive.
Moyenne des déviations....	12,3	19,2	12,2

Ce fait singulier, en vertu duquel le sens de la déviation ne change pas lorsqu'après avoir donné à la soupape pleine d'air la position correspondant au minima de cette déviation, l'on raréfie l'air dans son intérieur; ce fait, dis-je, trouve ici son interprétation.

Il paraît inexplicable, à première vue, que le courant de disjonction puisse exercer sur l'aiguille aimantée une action beaucoup plus énergique que la décharge, dont il est une conséquence. Il semble que l'effet direct de la décharge sur l'aiguille devrait être tout aussi grand que celui qui se produit lorsque ce courant primitif a d'abord

Digitized by Google

donné naissance à un courant de disjonction, qui lui, à son tour, fait dévier l'aiguille aimantée. Il est cependant facile de se convaincre que cette contradiction n'est qu'apparente. Le fait que l'électricité consiste en un mouvement ne peut être soumis à aucun doute; mais ce mouvement implique la présence de quelque chose qui se déplace, quoi que ce soit, les dernières particules du corps, l'éther, ou quelque autre matière. Si donc l'on appelle M la masse mise en mouvement dans le cours de la décharge électrique, et V sa vitesse, MV^2 sera la force vive dépensée dans ce déplacement. Si m désigne de la même manière la masse mise en mouvement dans le courant de disjonction, v sa vitesse, mv^2 sera la force vive du courant de disjonction. Cette dernière quantité ne peut pas être plus grande que MV^2, mais elle peut être plus petite, parce que jamais la force vive de la décharge ne sera transmise tout entière au courant de disjonction. Si donc la déviation de l'aiguille aimantée était proportionnelle à la force vive du courant qui la produit, il serait impossible que la déviation provenant du courant de disjonction fût plus grande que la déviation produite directement par la décharge; l'action exercée par le courant sur l'aiguille aimantée n'est pas proportionnelle à la force vive, mais à l'intensité du courant, c'est-à-dire à mv. Or, celle-ci peut facilement être beaucoup plus grande que MV, quoique mv^2 soit nécessairement inférieur, ou tout au moins égal à MV^2. Si, par exemple, $M=1$ et $V=100$ $MV^2=10000$; si, de plus, $m=10000$ et $v=1$, $mv^2=MV^2$, mais $mv=100$ MV. Dans la décharge électrique, la masse en mouvement est très-petite, mais sa vitesse est très-grande; dans le courant de disjonction, en revanche, les

Digitized by Google

proportions sont renversées. Par le travail mécanique que la décharge exerce dans l'étincelle, l'un de ces éléments du mouvement se transforme dans l'autre.

Avant de terminer, je remarquerai encore qu'il serait désirable, suivant moi, de soumettre à une révision les recherches concernant l'étincelle électrique entreprises avant la découverte du courant de disjonction. Quels que soient les soins qui ont pu être apportés aux expériences faites précédemment sur ce sujet, les conclusions qu'on en a déduites peuvent difficilement être exactes ou complètes, puisque cette forme de l'électricité n'était pas connue au moment où elles ont été exécutées.

Digitized by Google

DESCRIPTION

DE

LA TERRASSE D'ALLUVION

SUR

LAQUELLE EST BATIE LA VILLE DE GENÈVE

DISPOSITION REMARQUABLE DES COUCHES SUR LESQUELLES REPOSE LE TERRAIN SUPÉRIEUR

PAR

M. le Professeur D. COLLADON

La ville de Genève a été anciennement bâtie sur une terrasse à peu près triangulaire, qui s'avance jusqu'au Rhône, et que limitent de chaque côté des talus raides aboutissant, d'une part, à l'extrémité ouest du lac Léman, de l'autre à la plaine de la rivière d'Arve qui se jette dans le Rhône, à un kilomètre en aval du lac.

Cette terrasse, élevée de 30 à 32 mètres au-dessus du Léman, se prolonge en s'élargissant vers le sud-est et forme le *plateau des Tranchées*, puis les deux plaines de *Contamine* et de *Champel*.

Des fouilles larges et profondes, pratiquées récemment sur le plateau des Tranchées et la plaine de Contamine, m'ont permis d'étudier sur plusieurs points la disposition générale des couches d'alluvion qui composent le sous-sol de cette terrasse. Cette disposition remarquable m'a paru mériter l'attention des géologues et de tous ceux qui portent intérêt à l'étude des transformations antiques du bassin du Léman.

Digitized by Google

La planche jointe à cette notice fera saisir d'un coup-d'œil ce que cette disposition des terrains offre de plus remarquable.

Au-dessous de la couche végétale, T, T, de profondeur variable, on trouve un banc G, G, d'une épaisseur à peu près uniforme, et entièrement composé de couches horizontales de graviers et de galets, avec quelques traces de couches minces de sables qui sont aussi disposées horizontalement.

Ce banc, G, G, se termine inférieurement en plan horizontal, A, A, parfaitement distinct. J'ai reconnu, par un nivellement, que ce plan terminal, A, A, est situé à $3^m,90$ plus bas que le plancher de la salle de l'observatoire, c'est-à-dire, à $28^m,342$ au-dessus du niveau moyen du Lac.

Immédiatement au-dessous de ce banc horizontal, et contre ce plan, A, A, on voit s'arrêter brusquement, sans aucune transition, ni inflexion, une multitude de couches sablonneuses *m, n*, fortement inclinées, disposées avec une grande régularité, et présentant un nombre étonnant de lames, parfaitement distinctes, en général parallèles, et qui, dans les couches dont le sable est fin, ont une certaine analogie avec des piles de feuilles de carton inclinées et vues par leur tranche.

Ces couches sablonneuses sont mélangées de couches de menus graviers, ayant la même allure, mais moins régulières et moins striées; elles offrent aussi quelquefois des traces de glissements partiels de peu d'étendue. L'angle d'inclinaison est en général supérieur à 30 degrés pour toutes les couches visibles; la ligne de plus grande pente forme, avec le plan horizontal, un angle compris entre 30 et 40 degrés et s'élève parfois jusqu'à 45 degrés.

Digitized by Google

Le fait le plus remarquable, c'est cet arrêt général et sans transition de toutes les couches inclinées qui disparaissent brusquement pour faire place au banc horizontal, G, G.

On a peine à se rendre compte de la révolution qui a dû s'opérer pour produire cet effet, il semble à première vue que cet ensemble de couches inclinées, *m, n,* a eu son prolongement tranché par un vaste rasoir promené horizontalement, que toute la partie supérieure coupée a disparu, et qu'à sa place il s'est déposé une série de couches de matériaux roulés plus volumineux, superposées selon des plans horizontaux.

Sur toute la surface du plateau des Tranchées, et dans les points de la plaine de Contamine qui ont pu être explorés, j'ai retrouvé ces mêmes couches inclinées, *m, n,* et partout leur talus était dirigé vers le lac, sauf de légères déviations accidentelles pouvant provenir de quelque glissement partiel, ou d'un tassement. L'étendue de la surface où j'ai pu, à l'occasion de fouilles partielles, retrouver ces couches inclinées dépasse douze hectares; il est probable qu'elles se retrouveront sous une surface beaucoup plus étendue. Ce sera un sujet de recherches fort intéressant à poursuivre quand de nouveaux déblais le permettront [1].

En profondeur, je n'ai pu suivre les couches *m, n,* que jusqu'à 14 mètres environ au-dessous du plan horizontal A, A. On peut prévoir qu'elles s'arrêtent à un niveau supérieur à celui du lac, et qu'elles s'arcboutent contre un lit étendu d'argile glaciaire qui plonge sous le

[1] Une fouille toute récente place du Bourg-de-Four, dans la ville, a montré des couches *m, n* ayant leur talus dirigé vers le nord-nord-ouest.

Digitized by Google

Rhône à l'extrémité du lac. Ce banc d'argile, d'une épaisseur considérable, se relève en pente douce du côté du sud-est, et arrive au jour à 1 ou 2 kilomètres de la ville [1].

On ne peut rien affirmer sur la manière dont les couches inclinées se comportent près de cette base ; il me paraît cependant probable qu'elles doivent se raccorder en s'infléchissant un peu et qu'on trouvera là un mélange de gravier et de quelques gros galets dispersés dans cette base du talus sablonneux ; cette supposition est liée à une théorie des terrasses sous-lacustres, qui sera discutée dans cette notice.

J'ai dit que l'on retrouve partout sur le plateau des Tranchées les traces des couches inclinées *m*, *n* ; elles manquent quelquefois, près de la surface du sol, lorsque celui-ci a été remanié, mais on est sûr de les rencontrer en creusant plus bas.

Il n'en est pas de même du banc horizontal G, G, qui, étant à la partie supérieure et n'ayant qu'une épaisseur de 2 à 3 mètres, a disparu dans la plupart des fouilles, surtout dans la partie du plateau la plus voisine de la ville où le sol a été abaissé au-dessous du plan A, A, pour servir de remblai dans les anciens fossés des fortifications.

Ce banc G, G, existe encore dans les parties sud-est du plateau qui sont les plus élevées, et dans celles de Contamine et de la plaine de Champel contiguës aux Tranchées ; là aussi le relief de la surface du sol paraît être le même que dans les temps anciens.

[1] Sous le plateau des Tranchées, ce lit d'argile doit exister à 20 ou 25 mètres au-dessous du plan A, A. L'examen du mode d'arcboutement de ces couches *m*, *n*, contre le lit de glaise, sera du plus haut intérêt pour l'explication de leur origine ; il est bien désirable qu'une fouille profonde permette d'étudier ce raccordement sur une longueur suffisante.

Digitized by Google

Une remarque générale essentielle sur la constitution physique de toutes ces couches horizontales et inclinées, c'est leur remarquable analogie quant à la nature des matériaux qui les composent, avec les galets, les graviers et les sables que l'Arve charrie et dépose sur ses bords; leurs éléments, en grande partie siliceux, se composent essentiellement de débris roulés de roches primitives; aussi les sables des Tranchées sont-ils très-recherchés par les entrepreneurs comme donnant des mortiers aussi tenaces que les sables de l'Arve [1].

Nulle part cependant, le long du lit de l'Arve, on n'a encore signalé des couches récentes très-inclinées, et disposées comme celles, *m*, *n*, que je viens de décrire; les sables et les graviers, que cette rivière charrie et dépose près de ses rives, dans les grandes crues, sont toujours disposés en couches parallèles à fort peu près horizontales.

Quelles peuvent être les causes de la bizarre structure du terrain ancien qui compose cette terrasse d'alluvion? comment expliquer ces couches multiples fortement inclinées, surmontées d'un toit de gravier qui a été déposé en couches horizontales?

Ces causes se trouvent assez nettement expliquées, si on admet, avec la plupart des géologues, que le lac Léman a eu anciennement un niveau bien plus élevé que celui actuel [2], et si on accepte l'ingénieuse théorie de la

[1] Les galets et les petits cailloux plats sont en général déposés dans la direction des couches où ils se trouvent; ils sont placés horizontalement dans la couche GG, et ils sont inclinés parallèlement au talus dans les couches *m n*.

[2] H.-B. de Saussure a dit, dès 1780, *Voyage dans les Alpes*, paragraphe 215, en parlant d'un lac très-étendu qui, selon lui, avait couvert une grande partie de la vallée du Léman : « A mesure que les eaux s'abaissaient, les collines élevaient leurs têtes au-dessus d'elles;

Digitized by Google

formation de quelques terrasses sous-lacustres, que M. B. Dausse à développée dans deux notices qui ont paru en 1866 et en 1868 dans le bulletin de la Société géologique de France.

D'après cette théorie, les couches inclinées et leur recouvrement horizontal sont dus à un affluent qui, en amenant périodiquement des graviers et des sables dans un lac, les verse à son embouchure dans une eau profonde et tranquille, où elles s'étendent en talus et en cône de remblai formé de couches superposées et très-inclinées jusqu'à l'époque où le remblai, ayant atteint ou dépassé le niveau du lac, devient un delta sur lequel coule le fleuve, et qu'il inonde quelquefois dans ses crues exceptionnelles, abandonnant sur cette plaine des lits de sables et de graviers qui s'accumulent en couches, à fort peu près horizontales.

Cette explication rend très-bien compte de tous les faits énumérés plus haut, et elle me paraît de nature à être adoptée par les géologues. Ce qui la rend très-probable, c'est que, jusqu'à présent, on ne cite qu'un nombre restreint de terrasses constituées comme il vient d'être dit, et que ce n'est que près de l'embouchure d'une rivière ou d'un torrent qu'on les a rencontrées.

M. Dausse déclare que M. Antonio Nobili, habitant des bords du lac d'Orta en Piémont, avait avant lui fait

celle dont Genève occupe aujourd'hui le faîte fut longtemps une presqu'île entourée d'eau de toute part, excepté du côté de Champel.» Le professeur Alph. Favre, dans ses *Recherches géologiques* publiées en 1867, cite une multitude d'observations qui tendent à prouver que le lac de Genève a dû se maintenir dans les temps préhistoriques, et pendant de longues périodes, à des hauteurs approximatives de 77 mètres, puis de 55 mètres, puis de 30 mètres, puis de 11 mètres au-dessus de son niveau actuel (tome I, p. 32 à 55).

Digitized by Google

quelques observations analogues sur ces terrasses, et cherché leur origine dans une ancienne élévation du niveau des lacs ; mais il me semble que M. Dausse a eu le mérite incontestable de baser cette théorie sur plusieurs explications techniques et sur de nouveaux faits qu'il a consignés dans les notices de 1866 et 1868.

Il est regrettable que M. Dausse ait indiqué ces faits sommairement, et qu'il n'ait pas donné de description détaillée avec des mesures plus précises et plus nombreuses [1].

J'ai reconnu, depuis la lecture des notices de 1866 et 1868, que la terrasse des Tranchées présente, avec une netteté extraordinaire et sur une grande échelle, des faits analogues à ceux mentionnés dans ces mémoires. Il m'a été facile d'examiner à loisir plusieurs sections partielles de ce plateau [2], et de prendre des mesures spéciales de distances et de hauteurs, destinées à déterminer l'emplacement des fouilles et le niveau des couches observées.

[1] Ainsi, je ne trouve pas dans ces notions la description détaillée du banc supérieur horizontal qui devait recouvrir les couches inclinées ; il n'est parlé ni de son épaisseur, ni de la nature des matériaux qui le composent. De même pour les couches inclinées M. Dausse ne donne pas d'indications précises sur leur nature spéciale, soit qu'il n'ait pu les voir que dans un rapide parcours, soit que les travaux incomplets des fouilles n'aient pas permis de les observer dans leur état régulier.

[2] Pour conserver une représentation exacte de ces sections et de ces couches, qu'il ne sera bientôt plus possible de reconnaître et d'étudier quand ce plateau sera couvert de rues et de maisons, j'ai fait photographier par M. H. Boissonnas, habile photographe, une de ces coupes de terrain prise près de l'observatoire et une fouille profonde dans la propriété de MM. Brolliet et Graff, sur la plaine de Contamine près des Tranchées. J'engage ceux qui découvriront des sections semblables dans d'autres localités à user du même moyen, car c'est le seul qui puisse donner une représentation exacte des faits.

Digitized by Google

J'ai pensé que mes observations, publiées à la suite de celles de MM. Dausse et Alphonse Favre, auraient encore de l'intérêt pour les géologues et pour l'étude du promontoire sur lequel a été bâtie très-anciennement la ville de Genève.

Dans sa note de mars 1866, M. Dausse avait désigné par l'épithète d'*arête de niveau*, ou *bord de la terrasse*, la ligne ou le plan horizontal qui termine brusquement les couches inclinées en talus raide, et il reportait à ce plan la hauteur approximative du niveau du lac à l'époque de la formation de ces couches. Dans la note qui a suivi (juin 1868), M. Dausse dit, page 758, qu'il a trouvé, par un nivellement approximatif, le bord de la terrasse supérieure de Saint-Gingolf à $29^m,9$ au-dessus du lac, le bord d'un lambeau de terrasse au Bouveret à $30^m,3$, et à Thonon à $32^m,7$ [1].

[1] Le niveau actuel du Léman varie de près de deux mètres chaque année ; il est regrettable que M. Dausse n'ait pas expliqué s'il s'agit du niveau moyen du Léman ou du niveau du lac à l'époque où il a pris ses mesures, et qu'il n'ait pu constater si les couches supérieures à cette arête étaient horizontales. Il ne dit pas non plus si la nature des depôts supérieurs était la même que celles des couches inclinées, et en parlant des couches d'alluvion, il n'explique pas sur quelle hauteur verticale il a pu les suivre, ni quelle était leur nature et la dimension de leurs éléments.

Ces détails auraient ajouté un nouvel intérêt scientifique à ces notes qui en ont un déjà si marqué. J'ajouterai que dans sa notice de mars 1866, M. Dausse dit (page 450) : « L'arête qui termine la magnifique « terrasse de Thonon atteste à coup sûr que le Léman a été longtemps « plus haut qu'aujourd'hui d'environ 40 mètres. »

Il m'est impossible d'admettre avec M. Dausse (1866, p. 449) que les tassements partiels des dépôts du Rhône ou de la Dranse dans le lac puissent produire des seiches bien sensibles ; il faudrait pour cela qu'on eût remarqué près de ces embouchures d'énergiques déplacements d'eau instantanés, ce qui n'a jamais été signalé, il me semble,

Digitized by Google

Au nombre des fouilles que j'ai pu examiner, il en est deux : celle des caves de la maison que construit M. Urasco, à l'entrée du chemin de Florissant, et un vaste déblai rectangulaire, profond d'environ 7 mètres, que MM. Brolliet et Graff avaient pratiqué à 100 mètres de là, dans lesquelles j'ai retrouvé le banc supérieur GG dans son état primitif, et recouvert d'une couche de terre végétale; son plan inférieur était très-nettement accusé, et j'ai pu constater qu'à la distance de 120 mètres ce plan d'arête AA avait, à 30 centimètres près, le même niveau au-dessus du lac. La ligne AA, dans la fouille de M. Urasco, était à $28^m,34$ au-dessus du niveau moyen du lac, et la même ligne dans la fouille de MM. Brolliet et Graff, à un peu plus de 28 mètres au-dessus de ce niveau moyen.

Tous mes lecteurs seront frappés de ce rapprochement entre ces mesures exactes prises à Genève, et celles que M. Dausse a données comme des indications approximatives de l'altitude des arêtes de niveau des terrasses lacustres de Thonon, de Saint-Gingolf, et du Bouveret. On est en droit de conclure, que ces couches inclinées *mn* ont été déposées dans un lac dont le niveau dépassait celui du Léman actuel de 28 à 30 mètres, nombre peu différent des trois hauteurs indiquées par M. Dausse; ce rapprochement est d'autant plus remarquable que la terrasse des Tranchées est distante de 32 kilomètres de celle de Thonon, et de 59 kilomètres environ de celle du Bouveret.

Si le niveau du lac qui reçoit l'affluent s'abaisse lentement, ce qui paraît avoir été le cas de l'ancien lac Léman, le banc GG et le plan AA peuvent acquérir une inclinaison de quelques degrés par un abaissement progressif des dépôts et de la surface finale du delta formé par l'affluent.

Digitized by Google

La disposition des couches *mn* ne peut être attribuée ni à une inclinaison générale du sol, ni à d'anciens travaux humains. La régularité de ces couches, la constance de leur inclinaison sur une grande étendue, le relief général de la localité, l'aspect des couches supérieures du banc GG qui ont conservé leur horizontalité, sont autant de preuves qu'il n'y a pas eu primitivement de dépôt des couches *mn*, selon des directions à peu près horizontales et ensuite un versement général de l'ensemble de ces couches. — D'ailleurs, dans cette supposition, il est impossible d'expliquer comment l'extrémité supérieure des couches *mn* aurait disparu en laissant une plaine horizontale, au lieu de s'infléchir, ou de s'élever en colline à la partie sud-ouest du plateau.

Quant à la seconde supposition, celle d'une action humaine qui aurait disposé ces couches en talus et trié les matériaux, elle est absolument inadmissible, la continuité de quelques-unes de ces couches, leur subdivision en feuillets minces qui se continuent sur des longueurs de 15 à 20 mètres quoique leur épaisseur soit souvent moindre qu'un centimètre, l'immense volume des terrains qui sont constitués de la même manière dans toutes les parties de ce plateau, ne permettent pas d'hésiter à affirmer que toute cette masse a été stratifiée par une cause physique naturelle, et qu'elle a été déposée par l'alluvion d'une puissante rivière. On est conduit à admettre que cette rivière était l'Arve ancienne, charriant alors, comme aujourd'hui, des sables très-fins, des sables plus grossiers, des graviers et des galets, en très-grande partie quartzeux.

Je viens essayer d'ajouter une nouvelle preuve à l'appui de la théorie de M. Dausse, et je la trouve dans la

Digitized by Google

ténuité des lames accumulées, et dans leur étonnante homogénéité et continuité. — On chercherait vainement sur les bords de l'Arve, dans les dépôts qu'elle abandonne à l'air sur ses rives, quelque chose de semblable aux couches que j'ai étudiées dans les coupes du terrain des Tranchées. La planche jointe à cette notice ne saurait en donner une idée bien exacte, et il n'est pas possible de comprendre comment ces sables, de diverses grosseurs et apparences, ont été classés en couches homogènes, à moins de recourir à la puissante action d'un lac, qui, suspendant la vitesse du torrent, neutralisant l'effet subversif de ses crues, laissait en tout temps descendre avec régularité et lenteur, et s'accumuler en couches minces et uniformes sur les talus d'un delta immergé, les fragments quartzeux charriés en diverses saisons par la rivière. Fragments tantôt très-fins dans les sécheresses, tantôt plus grossiers, ou même mélangés de graviers et de menus galets, à l'époque des pluies ou de la fonte des neiges [1].

Les galets sont très-rares dans les couches inclinées, très-nombreux dans les couches d'alluvion du banc supérieur GG, et cela doit être; l'embouchure d'un fleuve est toujours élargie, et le delta sous-lacustre précède, dans le lac, à une certaine distance et à quelque profondeur, le delta qui s'émerge; c'est ce qu'on peut voir dans tous les lacs de la Suisse, quand leurs eaux sont transparentes.

La vitesse du courant est donc ralentie avant qu'il

[1] Quelques couches *m*, *n* sont entièrement composées de fragments dont la plus grande dimension varie de demi-millimètre à un dixième de millimètre. D'autres couches *m*, *n* sont formées de fragments plus gros, dont la longueur ne dépasse pas deux millimètres. D'autres de menus graviers mélangés de quelques galets ou de gros sables.

La couche horizontale G G est formée essentiellement de graviers et de galets, dont quelques-uns ont un décimètre cube.

Digitized by Google

atteigne le bord du talus de remblai, et avant ce moment les galets les plus volumineux se sont déposés. Peut-être, de temps à autre, quelque galet placé dans l'axe du courant atteint-il le bord du talus, mais alors il est probable qu'il roule ou glisse le long de la pente et s'enfonce près de la base. On a objecté à la théorie du dépôt sous-lacustre que les eaux chargées de sables, se mélangeant avec l'eau du lac, ces détritus devraient être transportés à de grandes distances, et se déposer en couches presque horizontales. Cette dispersion peut être vraie dans quelques cas, par exemple pour les rivières limoneuses; mais pour les torrents qui descendent des Alpes, elle n'est pas admissible, parce que les fragments quartzeux ont une densité trop différente de celle de l'eau, et que l'eau de l'affluent, plus froide pendant presque toute l'année que celle du lac, se précipite à la pointe du talus, glisse le long du remblai, et dépose presque immédiatement les sables charriés.

Toutes les personnes qui ont visité en bateau l'embouchure du Rhône, dans le Léman, ont pu voir ce curieux spectacle : l'eau du fleuve, troublée par les sables, ne se mêle pas aux eaux bleues et transparentes du lac. On la voit se précipiter vers le fond en tourbillons opaques dont on peut suivre la descente rapide et presque verticale jusqu'à plusieurs mètres de profondeur sous la surface; la séparation est si brusque, si tranchée, qu'il semble que ces deux liquides sont de composition différente et peu susceptibles de se mélanger.

En résumé, il ne me paraît pas que l'on puisse émettre aucune objection sérieuse contre la théorie ingénieuse et satisfaisante entrevue par M. Nobili et développée par M. Dausse, pour expliquer la formation d'anciennes ter-

Digitized by Google

rasses sous-lacustres près de l'embouchure des affluents torrentiels. L'homogénéité et l'uniformité des couches sablonneuses *m, n* me paraît un argument nouveau essentiel de la vérité du système.

Le plateau des Tranchées est évidemment un des exemples les plus remarquables de la constitution singulière que présentent ces terrasses, soit à l'intérieur du dépôt, soit à leur plan supérieur. Le voisinage de l'Arve, qui n'est éloignée que de 800 mètres environ des Tranchées et de Contamine, ne peut laisser aucun doute sur la rivière à laquelle on doit attribuer ces dépôts; leur analogie avec les matériaux charriés de nos jours par cette rivière, vient compléter la démonstration.

La netteté des indications qu'on peut déduire de l'observation des terrasses sous-lacustres fait espérer la solution de bien des problèmes géologiques.

On pourra, à la suite d'observations sur la hauteur de ces terrasses, affirmer, avec un haut degré de probabilité, que tel lac et telle mer ont eu dans les temps antéhistoriques un même niveau; que certaines plaines ont été longtemps des lacs s'élevant à des niveaux déterminables, et peut-être aussi que tel ruisseau faible aujourd'hui avait autrefois un volume beaucoup plus considérable, entraînant des matériaux ou de même nature, ou différents de ceux qu'il charrie à l'époque actuelle.

Digitized by Google

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

Dr Thomas Andrews. Sur la continuité des états gazeux et liquides de la matière. (*Phil. Trans.*, 1869, p. 575.)

On se rappelle les observations faites en 1822 par Cagniard de la Tour sur divers liquides, tels que l'éther, l'alcool et l'eau, lesquels, chauffés dans des tubes de verre hermétiquement scellés, se réduisaient en vapeur dans un espace de deux à quatre fois plus grand que le volume occupé par le liquide. L'année suivante, Faraday réussit à liquéfier, *par la seule compression*, le chlore et quelques autres gaz. Plus tard, Thilorier obtint l'acide carbonique solide, et observa que le coefficient de dilatation de ce corps à l'état liquide l'emporte sur celui des gaz. Pouillet et M. Regnault ont étudié le changement de volume de quelques gaz soumis à une pression portée à vingt atmosphères. Puis Natterer a continué l'examen de ce sujet en poussant la pression jusqu'à 2790 atmosphères!

Dès 1861, le Dr Andrews, de Belfast, avait soumis l'oxygène, l'hydrogène, l'azote, l'oxyde de carbone et l'oxyde d'azote à des pressions très-considérables en les exposant ensuite au froid de la pâte éthérée d'acide carbonique. Bien que réduits à moins de $^1/_{500}$ de leur volume, aucun d'eux ne montra l'apparence de la liquéfaction. Aussi, dans sa *Chemical Physics*, publiée en 1863, le Dr Miller avait-il inséré la communication suivante : « En liquéfiant partiellement l'acide carbonique par l'effet de la pression seulement, tandis qu'on élève graduellement la température à 31°,11 C. la surface de démarcation entre le liquide et le gaz devient plus vague, perd sa courbure et enfin disparaît. L'espace est alors occupé par un fluide homogène qui, lorsqu'on diminue subitement la pression ou qu'on abaisse légèrement la température, présente

Digitized by Google

l'apparence singulière de stries qui se meuvent au travers de sa masse entière. A des températures supérieures, à 30°,92, on ne peut obtenir aucune liquéfaction apparente de l'acide carbonique, ou de séparation de la matière en deux formes distinctes, même en produisant une pression de 300 à 400 atmosphères. L'oxyde nitreux s'est comporté de même. »

Dans ses recherches récentes, l'auteur s'est servi de tubes de verre présentant une première portion capillaire, suivie d'une partie plus large et terminée par une chambre cylindrique d'un diamètre intermédiaire. Fixé dans un socle métallique, ce tube, dans lequel on avait introduit le gaz, puis du mercure, recevait la pression d'un piston formé d'une vis d'acier longue de $0^m,180$, large de $0^m,004$, et dont le pas était de demi-millimètre. La pression pouvait atteindre plus de 400 atmosphères.

L'acide carbonique sur lequel on a opéré renfermait environ $^1/_{500}$ d'air dont il a été impossible de le purger. Il commence à se liquéfier sous la pression de 48,89 atmosphères à +13°,1, occupant un volume un peu supérieur aux $^3/_5$ de celui qu'un gaz parfait présenterait dans les mêmes conditions. Après sa liquéfaction, il cède à la pression beaucoup plus que les liquides ordinaires, et la compressibilité paraît diminuer à mesure que la pression augmente. L'énorme dilatabilité par la chaleur de l'acide liquide, observée par Thilorier, a été confirmée par le Dr Andrews.

Une seconde série d'expériences a été faite à 31°,1, soit à 0°,2 au-dessus du point de liquéfaction visible par la seule compression. En variant la pression et la température (celle-ci ne descendant jamais au-dessous de 30°,92), les grands changements de densité qui s'accomplissent autour de ce degré thermométrique produisent les mouvements striés, qui rappellent ceux de liquides mélangés à des densités différentes, ou ceux de colonnes d'air chaud s'élevant à travers des couches plus froides. Il est aisé d'ajuster la pression de telle sorte qu'une moitié du tube soit pleine de gaz, et l'au-

Digitized by Google

tre de liquide condensé. Au-dessous de la température critique, ce phénomène s'observe aisément, à cause de la surface de séparation visible entre le liquide et le gaz, et à cause du changement qui s'opère à cette surface dans l'image d'une ligne perpendiculaire quelconque placée derrière le tube. En revanche, au-dessus de 30°,92 l'observation la plus minutieuse est incapable de montrer une hétérogénéité quelconque dans l'acide carbonique tel qu'il existe dans le tube.

Le volume occupé par ce corps à 31°,1 diminue à mesure que la pression augmente d'une façon assez régulière, mais beaucoup plus prompte que d'après la loi de Mariotte, jusqu'à 73 atmosphères. Alors elle devient très-rapide, une réduction de près de moitié ayant lieu quand on atteint 75 atmosphères, c'est-à-dire par un accroissement de $^1/_{37}$ de la pression totale. Toutefois, la chute n'est pas subite, et, pendant qu'elle s'accomplit, rien absolument n'indique la présence simultanée de la matière sous deux états. Au delà de 77 atmosphères, l'acide carbonique cède beaucoup plus à la pression qu'auparavant, son volume se réduisant presque à celui qu'il occuperait s'il était liquide.

A 32°,5, la chute est moins abrupte.

A 35°,5, les pressions ont varié de 57 à 107 atmosphères. Ici la chute n'a presque plus le caractère rapide des cas précédents. Elle est le plus considérable de 76 à 87 atmosphères, où un accroissement de $^1/_7$ de la pression réduit le volume à moitié. A 107 atmosphères, ce volume est très-voisin de celui qu'occuperait l'acide liquide, d'après la loi de sa dilatabilité.

A 48°,1, la courbe ne présente plus de chute, et se rapproche de celle qui correspondrait au changement de volume du gaz à l'état parfait. La contraction est du reste beaucoup plus grande que ne l'exigerait la loi de Mariotte. D'après ce que M. Andrews a observé à 109 atmosphères, il estime que, si son tube n'avait pas été brisé, il aurait vu vers 120 ou 130 atmosphères, le corps se comporter comme un liquide occu-

Digitized by Google

pant le volume résultant de son coefficient de dilatation à la température de l'expérience.

« J'ai souvent, continue l'auteur, exposé l'acide carbonique, sans faire de mesures précises, à des pressions bien supérieures aux précédentes, et l'ai fait passer, sans qu'il y eût interruption, de ce que chacun regarde comme l'état gazeux à ce que tout le monde admet comme l'état liquide. Prenons, par exemple, un volume donné de gaz acide carbonique à 50° ou à une température supérieure, et exposons-le à une pression que nous ferons croître jusqu'à 150 atmosphères. Son volume diminue à mesure que la pression augmente, mais aucune diminution *subite* de volume n'a lieu sans l'application d'une pression extérieure. Au maximum de pression, laissons la température s'abaisser jusqu'au degré ordinaire de l'atmosphère : il n'en résultera aucune rupture de continuité. L'opération commence avec un gaz, et, par une série de changements graduels qui n'offre ni brusque variation de volume, ni soudain dégagement de chaleur, elle se termine avec un liquide. L'observation la plus attentive est impuissante à découvrir quelque trace que ce soit d'un changement dans la condition de l'acide carbonique, ou la preuve qu'à une période quelconque une portion se trouve dans un état physique et le reste dans un autre état. On n'aurait jamais pu soupçonner que le gaz s'est liquéfié s'il n'entrait en ébullition lorsqu'on diminue la pression. C'est par convenance que l'opération a été divisée en deux stages, la compression et le refroidissement. On aurait pu les effectuer simultanément, en prenant soin que la pression ne fût pas au-dessous de 76 atmosphères lorsque la température était abaissée à 31°.

« Nous pouvons maintenant aborder la question importante que voici. Quelle est la condition de l'acide carbonique quand, à des températures supérieures à 31°, il passe de l'état gazeux à l'état liquide, sans manifester à un instant quelconque que la liquéfaction s'est accomplie ? Continue-t-il d'être ga-

Digitized by Google

zeux, ou se liquéfie-t-il, ou avons-nous ici un troisième état de la matière? Si les expériences avaient lieu à 100° ou au-dessus, toute indication de chute (dans le volume) ayant disparu, la réponse probable serait qu'il persévère dans l'état gazeux; et peu de personnes hésiteraient à admettre la vérité de cette assertion si, comme dans les expériences de Natterer, la compression s'exerçait sur des gaz tels que l'hydrogène ou l'azote. D'autre part, quand on expérimente sur l'acide carbonique un peu au-dessus de 31°, la grande contraction qui a lieu à un certain moment ferait conjecturer que la liquéfaction vient de s'accomplir, bien que des épreuves optiques soignées soient incapables de mettre en évidence, n'importe à quel moment, la présence d'un liquide au contact d'un gaz. Mais, à cette manière de voir, on peut opposer le fait qu'une augmentation de pression est toujours nécessaire pour une plus grande diminution de volume, fait opposé aux lois qui régissent la transformation de l'état gazeux en celui de liquide. En outre, plus haute est la température à laquelle le gaz est comprimé, moindre devient la chute, jusqu'à ce qu'enfin elle disparaisse.

« La réponse à la question précédente, selon ce qui me paraît être la véritable interprétation des expériences ci-dessus rapportées, se trouve dans les relations intimes qui existent entre les états gazeux et liquides de la matière. L'état gazeux ordinaire et l'état liquide ordinaire ne sont, en deux mots, que des formes largement séparées de la même condition de la matière, et peuvent être obligées de passer de l'une à l'autre par une suite de degrés si voisins qu'il n'en résulte nulle interruption ou rupture de continuité. Nous savons que de l'acide carbonique gaz parfait à l'acide carbonique liquide parfait, la transition peut s'effectuer par un procédé continu: le gaz et le liquide ne sont que des stages éloignés d'une longue série de changements physiques continus. Sous certaines conditions de température et de pression, l'acide carbonique se trouve, il est vrai, dans ce qu'on peut nommer

Digitized by Google

un état instable, et passe soudainement, avec dégagement de chaleur, sans qu'on accroisse la pression ou qu'on modifie la température, au volume que par le procédé continu il n'aurait atteint que par un long circuit. Une différence marquée se manifeste dans le changement brusque qui s'opère ici, tandis que l'accord demeure entre les propriétés optiques et autres de l'acide carbonique qui a été réduit à un plus petit volume, et celles de l'acide non encore modifié. Conséquemment, il n'y a aucune difficulté ici à faire la distinction du liquide et du gaz Mais, dans d'autres cas, elle ne peut être faite, et, sous plusieurs des conditions que j'ai décrites, on essaierait en vain d'assigner à l'acide carbonique l'état liquide plutôt que l'état gazeux. L'acide carbonique à la température de 35°,5, et sous la pression de 108 atmosphères, est réduit au $^1/_{430}$ du volume qu'il occupe sous la pression d'une atmosphère; mais si on demande à quel état il est alors, je ne pense pas qu'on puisse répondre d'une manière positive. L'acide carbonique à 35°,5, et sous 108 atmosphères est à peu près à mi-chemin entre le liquide et le gaz, et nous n'avons aucun motif valable pour lui assigner l'un de ces états plutôt que l'autre. La même remarque s'appliquerait avec plus de force encore à l'état dans lequel l'acide carbonique existe à des températures plus élevées et sous de plus grandes pressions. Dans l'expérience originale de Cagniard de la Tour, ce physicien distingué supposait que le liquide avait disparu et s'était converti en gaz. Une légère modification dans les conditions de son expérience l'aurait amené à la conclusion opposée, savoir que ce qui était gaz d'abord s'était converti en liquide. Ces conditions sont les états intermédiaires que la matière affecte en passant, sans changer brusquement de volume ni émettre subitement de la chaleur, de l'état liquide ordinaire à l'état gazeux ordinaire.

« Dans les observations qui précèdent, j'ai écarté toute allusion aux forces moléculaires mises en jeu dans ces expériences. La résistance qu'opposent les liquides et les gaz aux

Digitized by Google

pressions extérieures tendant à diminuer leur volume, prouve l'existence d'une force interne ayant un caractère expansif ou résistant. D'autre part, la diminution soudaine de volume qui a lieu quand on comprime un gaz à une température quelconque au-dessous du point critique, rapportée au volume auquel la liquéfaction commence, peut difficilement s'expliquer sans qu'on admette qu'une force moléculaire d'un grand pouvoir attractif entre ici en jeu, et l'emporte sur la résistance à la diminution de volume qui, communément, exige l'application d'une puissance externe. Lorsque le passage de l'état gazeux à l'état liquide s'effectue par le procédé continu que nous venons de décrire, ces forces moléculaires sont tellement modifiées qu'elles deviennent incapables, à un stage quelconque de ce procédé, de surmonter seules la résistance du fluide à changer de volume.

« Les propriétés décrites dans ce mémoire ne sont pas spéciales à l'acide carbonique, mais se retrouvent généralement chez tous les corps qu'on peut obtenir sous les deux états fluides. L'oxyde nitreux, l'acide chlorhydrique, l'ammoniaque, l'éther sulfurique, le sulfure de carbone ont tous présenté, sous des pressions et à des températures déterminées, des points critiques, de rapides changements de volumes et des mouvements saccadés (*flickering*) lorsqu'on modifiait la température et la pression dans le voisinage de ces points. Les points critiques de quelques-uns de ces corps étaient au-dessus de 100°. Pour pouvoir faire les observations, il devenait nécessaire de courber le tube capillaire avant le commencement de l'expérience, et de le chauffer dans un bain de paraffine ou d'huile de vitriol.

« Jusqu'ici, la distinction entre un gaz et une vapeur a reposé sur des principes entièrement arbitraires. A l'état de gaz, l'éther se nomme une vapeur, tandis que l'acide sulfureux, au même état, s'appelle un gaz. Tous deux sont des vapeurs : l'un dérivant d'un liquide qui bout à 35°, l'autre d'un liquide qui bout à 10°. La distinction est déduite de la

Digitized by Google

condition triviale du point d'ébullition du liquide sous la pression ordinaire de l'atmosphère, suivant que ce point est plus haut ou plus bas que la température atmosphérique ordinaire. Elle peut avoir quelques avantages dans la pratique, mais ne possède aucune valeur scientifique. C'est la température du point critique qui peut servir de critère pour distinguer entre un gaz et une vapeur, et on croit devoir conserver cette distinction. Plusieurs des propriétés des gaz et des vapeurs dépendent du contact entre le gaz et le liquide, ce qui, nous l'avons vu, ne peut exister qu'au-dessous du point critique. Nous pouvons donc définir une *vapeur* en disant que *c'est un gaz à toute température au-dessous du point critique.* En conséquence une vapeur peut, par la pression seule, être liquéfiée et exister en présence de son propre liquide, tandis qu'un gaz ne peut être liquéfié par la compression, c'est-à-dire devenir un liquide visible qu'une surface de démarcation distingue du gaz. Si on accepte cette définition, l'acide carbonique sera une vapeur au-dessous de 31 degrés, un gaz au-dessus de cette température; l'éther une vapeur au-dessous de 200 degrés, un gaz au-dessus.

« Nous avons vu que les états gazeux et liquides ne sont que des stages distants l'un de l'autre de la même condition de la matière, et sont capables de passer de l'un à l'autre par l'intermédiaire d'un changement continu. Il reste à résoudre un problème bien plus difficile, celui de la continuité possible de l'état solide et de l'état liquide. La belle découverte faite il y a quelques années par James Thomson, relative à l'influence qu'exerce la pression sur la température de la liquéfaction (et qui a été vérifiée par son frère Sir William), indique, à mon avis, la direction de cette recherche. Il est possible que la transition puisse se vérifier, au moins dans le cas des substances qui se dilatent en se liquéfiant, et dont les points de fusion s'élèvent par la compression. Mais je réserve ce sujet pour de futures recherches. Aujourd'hui

Digitized by Google

je ne veux pas aller au delà de ce que montre l'expérience directe, savoir : *qu'on peut transformer l'un dans l'autre les états liquides et gazeux de la matière par une suite de changements continus et non interrompus.*»

A. Dupré et F.-J.-M. Page. Sur la chaleur spécifique et les autres caractères physiques de mélanges de l'alcool éthylique et de l'eau. (*Phil. Trans.*, 1869, p. 591.)

On trouve dans le tome XXXVIII, page 39, des Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Vienne, des recherches de M. A. Shnidaritsch sur la chaleur spécifique de mélanges d'eau et d'alcool, variant de 10 en 10 °/₀ en volume. Tous les résultats indiquent une chaleur spécifique inférieure à celle de l'eau.

Ce résultat est contredit par les récents travaux de MM. Dupré et Page. Ils ont eu essentiellement recours à une méthode qui consiste à chauffer un poids métallique (ayant la forme d'un cylindre creux supportant, à mi-hauteur, une roue à aubes obliques) jusqu'à une température déterminée à 0°,01 C. près, et à le plonger dans le liquide où on lui communique un mouvement de rotation rapide à l'aide d'un fil qui se détord. L'élévation de température, estimée à 0°,001 C. près, à l'aide d'un excellent thermomètre, sert, toutes corrections faites, à mesurer la chaleur spécifique cherchée. Des essais précis ont prouvé que la chaleur produite par la rotation du poids, ainsi que le refroidissement dû à l'évaporation des mélanges alcooliques durant les expériences étaient tout à fait négligeables. Les résultats généraux sont contenus dans le tableau suivant : la chaleur spécifique théorique de chaque mélange étant calculée d'après la proportion des deux liquides.

Digitized by Google

Tableau I.

Proportion sur 100 d'alcool absolu, en poids	Chaleur spécifique trouvée	Chaleur spécifique calculée	Différence
5	101,502		
10	103,576	96,043	+ 7,533
20	104,362	92,086	12,276
30	102,602	88,129	14,473
40	96,805	84,172	12,633
45	94,192	82,193	11,999
50	90,633	80,215	10,418
60	84,332	76,258	8,074
70	78,445	72,301	6,144
80	71,690	68,344	3,346
90	65,764	64,387	1,377
100	60,430		

On voit que le mélange à 20 °/₀ d'alcool possède la chaleur spécifique maximum, et que, de 5 à 35 °/₀, *l'alcool aqueux a une chaleur spécifique supérieure à celle de l'eau pure.*

Voici, résumées dans un second tableau, les quantités de chaleur mise en liberté par le mélange de 5 grammes.

Tableau II.

Alcool sur 100 en poids	Chaleur dégagée
90	7,7025
80	12,4775
70	18,8200
60	27,2620
50	35,5850
45	38,8095
40	44,8630
30	47,9800
20	43,9545
10	26,6850

Ainsi le maximum a lieu pour un mélange de 30 d'alcool et 70 d'eau, soit exactement 23gr,2340 d'alcool et 68,2125 d'eau.

Dans le troisième tableau, on trouve l'indication des

Digitized by Google

points d'ébullition observés et calculés dans l'hypothèse que l'influence du mélange de chaque liquide sur la température d'ébullition est proportionnelle à son poids.

Tableau III.

Poids d'alcool absolu pour 100	Point d'ébullition observé	Point d'ébullition calculé	Différence
0	99,04		
10	90,98	97,25	— 6,27
20	86,50	95,10	8,60
30	84,01	92,95	8,94
40	82,52	90,90	8,38
45	81,99	89,72	7,73
50	81,33	88,60	7,27
60	80,47	86,50	6,03
70	79,61	84,35	4,74
80	78,84	82,20	3,36
90	78,01	80,05	2,04
100	77,89		

Le quatrième tableau est relatif à l'attraction capillaire mesurée en millimètres dans un tube de $0^{mm},584$ de diamètre, à la température de 16° C.

Tableau IV.

Alcool pour 100	Hauteur observée	Hauteur eau = 100	Attraction moléculaire relat.	Hauteur calculée	Différence
0	49,47	100,00	100,00	100,00	
10	34,22	69,17	68,07	93,11	—25,04
20	27,92	56,43	54,83	86,22	31,39
30	23,84	48,19	46,15	79,34	33,19
40	22,41	45,30	42,56	72,45	29,89
45	21,64	43,74	40,64	69,00	28,36
50	21,24	42,93	39,43	65,56	26,13
60	20,93	42,30	37,89	58,68	20,79
70	20,66	41,76	36,42	51,79	15,37
80	20,43	41,29	35,03	44,90	9,87
90	20,06	40,54	33,35	38,02	4,67
100	19,40	39,21	31,13	31,13	0,00

Digitized by Google

La quatrième colonne donne la longueur d'une colonne d'eau égale au poids du filet de mélange alcoolique indiqué dans la troisième colonne, et fournit ainsi une mesure de l'intensité relative de l'attraction moléculaire dans les divers mélanges. — La colonne cinquième renferme les hauteurs calculées en les supposant proportionnelles aux poids des constituants de chaque mélange.

Le cinquième et le sixième tableau renferment les valeurs de la dilatabilité déduites de l'observation soignée des pesanteurs spécifiques des divers mélanges à 10°, 15°,5 etc.

Tableau V.

Poids d'alcool absolu pour 100	Pesanteurs spécifiques à 10°	à 15°,5	à 20°
10	98396	98298	98189
20	97261	97054	96866
30	95995	95666	95392
40	94253	93854	93520
45	93262	92846	92496
50	92185	91745	91390
59,77	89994	89545	89179
69,70	87695	87219	86844
79,81	85271	84797	84410
89,89	82712	82240	81851
100,00	79792	79317	78932

Tableau VI.

Poids d'alcool absolu p^r 100	Volume à 10°	Volume trouvé à 20°C	Volume calculé à 20°	Différence
0	100	100,154	100,154	
10	100	100,212	100,272	+0,060
20	100	100,405	100,386	0,019
30	100	100,632	100,489	0,143
40	100	100,783	100,601	0,182
45	100	100,827	100,652	0,175
50	100	100,868	100,700	0,168
59,77	100	100,914	100,789	0,125
69,70	100	100,980	100,874	0,106
79,81	100	101,020	100,954	0,066
89,89	100	101,052	101,034	0,018
100,00	100	101,088	101,088	

Digitized by Google

Enfin les auteurs du mémoire que nous analysons ont estimé la compressibilité d'après les méthodes de MM. Regnault et Grassi. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant.

Tableau VII.

Poids d'alcool absolu pr 100	Dépression en millim.	Températures en dégr. cent.	Compression observée	Compression calculée	Différence
0	40,68	9	0,00004774	0,00004774	
10	36,92	11,2	4351	5387	—0,00001036
20	33,00	11,5	3911	5998	2087
30	32,92	10,2	3902	6584	2682
40	36,88	9	4347	7118	2771
45	39,20	8	4608	7364	2756
50	41,60	9	4878	7600	2722
59,77	48,20	10	5620	8029	2409
69,70	53,25	10,1	6159	8426	2267
79,81	59,96	9,6	6942	8775	1833
89,89	68,76	11,1	7950	9140	1190
100,00	81,36	9,7	9349	9349	

Le piézomètre était formé d'un tube de verre cylindrique à terminaisons sphériques, continué par un long tube capillaire : il avait environ 150mm de long sur 32mm de diamètre.

En terminant leur travail, MM. Dupré et Page font remarquer : 1° que la première addition de l'alcool à l'eau élève la chaleur spécifique du mélange (bien que la chaleur spécifique de l'alcool soit très-inférieure à celle de l'eau), tellement qu'un mélange de 30 à 40 °/₀ a la même chaleur spécifique que l'eau pure ; — 2° que les mélanges qui produisent la même élévation de chaleur présentent la même élévation de chaleur spécifique, et que si on divise par le nombre constant 3,411, les unités de chaleur dégagées, on obtient un nombre qui exprime de combien la chaleur spécifique vraie du mélange l'emporte sur sa chaleur spécifique théorique ; — 3° que

Digitized by Google

le point d'ébullition et l'attraction capillaire peuvent aussi se déduire l'un de l'autre. En effet, si on divise par 3,410 la dépression capillaire, on obtient l'abaissement du point d'ébullition.

J. VIOLLE. DE L'ÉQUIVALENT MÉCANIQUE DE LA CHALEUR. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences* du 13 juin et du 25 juillet 1870 [1].)

Je me suis proposé de déterminer l'équivalent mécanique de la chaleur par la mesure du phénomène thermique qui se produit lorsqu'on fait agir un aimant sur un corps conducteur en mouvement.

L'appareil dont je me suis servi est l'appareil de Foucault, modifié de façon à se prêter à des expériences de mesure. Un disque de cuivre rouge, de $0^m,078$ de diamètre, $0^m,008$ d'épaisseur et pesant $291^{gr},202$, pouvait tourner entre les deux surfaces polaires d'un électro-aimant animé par le courant de douze éléments de Bunsen. Ce disque était porté par un axe en acier mobile entre deux pointes également en acier, et, par l'intermédiaire d'un système d'engrenages, on pouvait lui communiquer une vitesse qui a varié de 611,2 à 4736,8 tours à la minute. Le disque était isolé de l'axe par une pièce en caoutchouc durci invariablement fixé sur l'axe; mais on pouvait séparer facilement le disque en tirant un petit verrou qui, pendant la rotation, reliait solidement le disque à la pièce en caoutchouc. La rotation se faisait à la main

[1] Nous reproduisons textuellement les deux communications faites par M. Violle à l'Académie des Sciences sur la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur déduite de la mesure de l'échauffement produit par l'action du magnétisme sur un corps conducteur en mouvement. Quoique le résultat obtenu par M. Violle fût prévu (il l'avait été par Foucault lui-même quand il fit son expérience remarquable), il n'en est pas moins intéressant de le voir constaté d'une manière positive. Nous avons donc tenu à l'enregistrer dans notre journal. (A. D. L. R.)

Digitized by Google

à l'aide d'une manivelle à laquelle on s'est efforcé de donner un mouvement régulier; un chronomètre, marquant le quart de seconde, mesurait la durée de l'expérience. Quand on avait fait tourner le disque pendant un temps convenable, on l'enlevait rapidement, on le séparait de l'axe et on le plongeait dans un calorimètre contenant 150 grammes d'eau; on agitait soigneusement, et au moyen d'un thermomètre mesurant le 200me de degré, on observait la température stationnaire du mélange. On avait d'ailleurs pris soin de mesurer exactement la température initiale de l'eau et la température initiale du disque; cette dernière était indiquée par un thermomètre plongeant dans un bain liquide dont on ne retirait le disque qu'au moment même d'opérer. Ce bain liquide était le plus habituellement à la température même de l'eau du calorimètre, de sorte que la température initiale du disque était, en général, la même que celle du liquide calorimétrique. Le tableau suivant résume les expériences faites dans ces conditions :

Nombre de tours de la manivelle en une minute.	Nombre de tours du disque en une minute.	Durée de l'expérience.	Échauffement observé.
		m	o
4	611,2	15	0,440
		30	0,610
8	1224,2	7,5	0,880
		15	1,220
12	1833.6	5	1,330
		10	1,845
		15	2,040
26	3972,8	4	4,065
		8	4,600
31	4736,8	2	3,490

Pendant toutes ces expériences, l'intensité du courant qui animait l'électro-aimant a été maintenue constante au moyen d'un rhéostat servant à atténuer, chaque fois que cela était

Digitized by Google

nécessaire, les variations qui tendaient à se produire. L'intensité était mesurée au moyen d'un galvanomètre à réflexion de Weber sur le barreau duquel agissait une spirale plate placée à distance et traversée par le courant : l'action de cette spirale produisait une déviation de 225 divisions, déviation qu'il était facile de maintenir constante à $^1/_2$ division près.

Le refroidissement du disque pendant la rotation a pu être déterminé par la comparaison des expériences se rapportant à une même vitesse : en supposant que le refroidissement s'effectue à chaque instant suivant la loi de Newton et en supposant, en outre, qu'il est proportionnel à la vitesse de la rotation, on trouve, pour le coefficient de refroidissement, les nombres suivants :

Nombre des tours de la manivelle.	4	8	12	26
Coefficient de refroidissement...	0,01475	0,01475	0,01472 0,01477	0,01476

Et, par suite, les températures stationnaires que l'on eût observées si le disque n'avait rien perdu seraient :

Nombre de tours de la manivelle.	4	8	12	26	31
Échauffement.....	0°,635	1°,269	1°,916	7°,185	5°,086

le dernier nombre étant calculé à l'aide du coefficient moyen 0,01475.

Si l'on rapporte ces échauffements à un même laps de temps, quinze minutes par exemple, on a les nombres

0°,635 2°,538 5°,748 26°944 38°,145

qui sont très-sensiblement proportionnels aux carrés des vitesses de rotation ; le coefficient de proportionnalité est, en effet :

25,197 25,208 25,052 25,089 25,194 Moy. 25,152

Servons-nous de ce coefficient moyen pour calculer l'échauffement correspondant à 4 tours de la manivelle : on

Digitized by Google

trouve 0,11637 unité de chaleur, la masse en eau de tout l'appareil étant 0^{kg},182971.

Pour tirer de cette détermination une mesure de l'équivalent mécanique de la chaleur, il fallait évaluer le travail nécessaire pour faire tourner le disque avec la même vitesse, 4 tours de la manivelle par minute.

Une série d'expériences a donc été faite dans le but de mesurer ce travail : pour cela, on produisait la rotation du disque, toujours soumis à l'action de l'électro-aimant, au moyen d'un poids agissant directement sur un fil de soie très-fin, enroulé sur l'axe même du disque, et lorsque le disque avait pris un mouvement uniforme, on mesurait le temps nécessaire pour qu'une même longueur de fil, 1^{m},4645, se déroulât sous diverses charges ; on a trouvé les nombres suivants :

Charges.....	11^{gr},75	41,35	91,25	191,10	489,00
Durées.....	102^{s},5	29,00	13,25	6,25	2,47

Les nombres inscrits à la première ligne de ce tableau représentent les charges, corrigées chacune du poids qui était nécessaire pour donner la même vitesse à l'axe seul, le disque étant enlevé et le courant animant toujours l'électro-aimant. Si l'on fait le produit de la charge par la durée de la chute pour chaque expérience, on a un nombre constant :

1204,37 1199,15 1209,06 1194,37 1207,83 Moy. 1202,96

Et si, au moyen du nombre ainsi déterminé, 1202,96, on calcule le travail nécessaire pour faire tourner le disque pendant 15 tours avec la vitesse correspondant à la troisième expérience, laquelle est 547^{t},20 à la minute, on trouve 70^{kgm},5848. Mais le travail nécessaire pour maintenir une vitesse déterminée du disque est, d'après les expériences mêmes, proportionnel au carré de cette vitesse : le travail nécessaire pour maintenir une vitesse de rotation de 611^{t},2 à la minute est donc 50^{kg},640.

Si l'on rapproche ce nombre de celui que j'ai donné plus

Digitized by Google

haut pour la chaleur développée dans les mêmes conditions, il en résulte, pour l'équivalent mécanique de la chaleur : 435,2.

Je poursuis actuellement ces recherches, et, dans une prochaine Note, j'exposerai les résultats que j'ai obtenus dans les nouvelles conditions où je me suis placé.

Dans la Note que j'ai eu l'honneur de soumettre à l'Académie le 13 juin dernier, je faisais connaître les résultats que j'avais obtenus dans des expériences faites au moyen de l'appareil de Foucault pour déterminer l'équivalent mécanique de la chaleur. Dans ces expériences je m'étais servi d'un disque de cuivre rouge, semblable à celui dont Foucault lui-même avait fait usage pour manifester l'échauffement considérable que l'on peut obtenir avec la disposition qu'il avait donnée à l'expérience d'Arago. Depuis, j'ai employé successivement des disques de plomb, d'étain et d'aluminium, et en suivant la même méthode que pour le cuivre, j'ai obtenu pour l'équivalent mécanique de la chaleur des nombres :

435,8	avec l'étain
437,4	» le plomb
434,9	» l'aluminium

bien voisin du nombre

435,2	trouvé avec le cuivre.

Cet accord ne semblera sans doute pas sans importance, si l'on considère que les expériences ont porté sur les métaux les plus différents peut-être au point de vue physique, le plomb et le cuivre. Du reste, on en jugera par le tableau suivant qui donne les élévations de température observées sur les différents métaux, pour une même rotation de cinq minutes avec une vitesse de 1833t,6 à la minute.

Cuivre.....	8°,805
Étain.....	5°,602
Plomb.....	5°,255
Aluminium.....	9°,209

Digitized by Google

L'échauffement du disque d'aluminium a donc été le plus considérable, et cela bien que le poids de ce disque ne fût pas le tiers du poids du disque de cuivre, et pas le quart du disque de plomb; les disques avaient en effet sensiblement le même volume. Mais, d'autre part, la chaleur spécifique de l'aluminium est énorme (plus du double de celle du cuivre), et par conséquent, à égalité de masse et pour une même élévation de température, l'aluminium est de tous les métaux celui qui agira le plus énergiquement sur les corps à l'aide desquels on cherchera à reconnaître cette élévation de température.

Il n'est donc pas douteux que ce métal devrait être employé de préférence à tout autre pour répéter l'expérience de Foucault et pour montrer, dans un cours, l'échauffement énorme qu'elle peut produire.

Je dois d'ailleurs remarquer que, pour toutes les expériences d'électricité, l'aluminium est le métal par excellence, très-bon conducteur et d'une légèreté exceptionnelle; il est le seul dont on devrait se servir pour les conducteurs mobiles de la table d'Ampère. Son inaltérabilité, jointe à sa bonne conductibilité, le recommandent aussi d'une façon toute spéciale pour les pièces fixes des appareils électriques, et il remplacerait avec avantage le cuivre dans la construction des télégraphes et des machines magnéto-électriques : c'est un point sur lequel il n'est pas inutile, je crois, d'appeler l'attention des constructeurs [1].

[1] J'avais déjà recommandé, il y a bien des années, l'emploi de l'aluminium dans la construction des conducteurs mobiles destinés à démontrer les lois de l'électro-dynamique. On en fait usage avec beaucoup d'avantage dans l'atelier de construction des instruments de physique de Plainpalais, à Genève. Voici ce que renferme sur ce point le catalogue, accompagné de notices, des instruments qu'on construit dans cet établissement, imprimé en 1863. Il s'agit de l'appareil pour la démonstration des lois d'Ampère. Après en avoir donné la description, on ajoute : « On a suivi la disposition générale du grand appa-

Digitized by Google

L. Pfaundler. Neue theorie, etc. Nouvelle théorie du regel de la glace. (*Sitzungsberichte der Wiener Akad.*, LIX, II, p. 201 à 206. — *Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften, neue Folge*, 1870, I, 124.)

Le phénomène du regel de la glace, qui consiste en ce que deux morceaux de glace à 0° C. se soudent ensemble, lorsque flottant à la surface de l'eau ils sont arrivés en contact, est considéré généralement comme résultant d'un abaissement du point de fusion de la glace, résultant lui-même d'une élévation de la pression. M. Tyndall croit cependant que le phénomène peut s'accomplir, dans certains cas, sans qu'il y ait compression, tandis que M. Helmholtz, au contraire, soutient que dans tous les cas où il se produit, l'on peut constater qu'il y a eu une variation de pression, fût-elle même très-faible. Nous avons vu que M. Schultz-Sellack[1] avait établi qu'il a lieu, dans certains cas, par l'abaissement du point de fusion résultant de l'absorption d'une certaine quantité d'air par l'eau dans laquelle flottent les morceaux de glace.

M. Pfaundler admet que le regel peut se produire sans que les morceaux de glace soient pressés l'un contre l'autre, sans même qu'ils se touchent, et qu'un morceau de glace isolé flottant dans l'eau change sans cesse de forme, d'abord en vertu de sa constitution cristalline, puis par le fait qu'en certains points de sa surface il se produit une évaporation, tandis

reil de l'École Polytechnique de Paris en introduisant les modifications et les perfectionnements nécessaires pour que toutes les expériences puissent se faire avec un seul couple au lieu de cinq. C'est ainsi que l'on a supprimé tous les contre-poids qui chargent l'axe, réduit la coupe annulaire à un diamètre très-petit et construit en aluminium, selon la pensée de M. de la Rive, tous les conducteurs mobiles. Non-seulement l'aluminium offre l'avantage d'une grande légèreté, mais il est meilleur conducteur que le cuivre, et son éclat rend les appareils plus visibles.» (A. D. L. R.)

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1869, tome XXXVI, p. 47.

Digitized by Google

qu'en d'autres points l'eau qui l'entourait, se réfroidissant à son contact, se dépose sous forme de glace. L'eau qui se trouve entre deux morceaux de glace, devant nécessairement se refroidir très-rapidement à 0° C., il peut très-bien se faire que chacun de ces deux morceaux se développant dans la direction de l'autre, ils finissent par se souder entièrement sans qu'il y ait eu contact à l'origine. L'auteur cite à l'appui de cette manière de voir, l'expérience suivante : Un bloc de glace sphérique fut formé dans un ballon de verre, lequel fut plongé d'abord dans l'eau chaude, de manière à détacher complétement la glace de la paroi intérieure ; puis dans une masse de neige fondante. Au bout de 24 heures, la masse de glace intérieure précédemment détachée, adhérait de nouveau fortement au verre, par des anneaux concentriques de glace qui s'étaient formés de la sorte sans le moindre abaissement de pression, le ballon étant resté ouvert tout le temps de l'expérience. La même chose avait lieu lorsqu'on renversait le ballon et que l'on introduisait son col dans un bain de mercure, de manière à élever la pression dans son intérieur, un peu au-dessus de la pression atmosphérique. M. Pfaundler compare ce qui se produit lors du regel de la glace à ce qui se passe dans une dissolution saturée d'alun, renfermant d'abord une quantité innombrable de petits cristaux, lesquels finissent par se souder en un certain nombre de gros. Quoi qu'il en soit, il pense que le regel est un phénomène complexe, pouvant provenir, suivant les cas, de diverses causes, et que les différences de pression sont loin d'être la seule explication satisfaisante.

Félix Marco, prof. à Turin. Courants électriques développés par l'induction électrostatique. Explication du magnétisme terrestre. (Communiqué par l'auteur.)

Dans les cours de physique on démontre le phénomène de l'induction électrostatique en approchant un cylindre isolé

Digitized by Google

de métal d'un corps électrisé. Si l'électricité de ce corps est positive par exemple, l'extrémité du cylindre, qui est plus proche de lui, devient électronégative, et l'extrémité plus éloignée devient électropositive.

Mes idées sur la nature de l'électricité, que j'ai exposées dans mon livre [1], me portaient à penser que, lorsque le cylindre subit l'induction, il doit être parcouru par un courant qui va de l'extrémité qui devient électronégative à l'extrémité qui devient électropositive. J'ai clairement indiqué l'existence de ce courant dans le livre cité, p. 75.

A présent je viens de faire, avec M. Perosino, étudiant de physique à l'Université de Turin, une expérience qui prouve l'existence de ce courant que j'ai prévu théoriquement.

Nous avons pris les deux plateaux isolés du condensateur d'Æpinus, et nous les avons unis entre eux avec le fil d'un galvanomètre. Nous avons disposé l'un des plateaux à 15 centimètres environ d'une sphère métallique, qui communiquait avec une machine électrique. L'autre plateau du condensateur était à peu près à la même distance du premier. En chargeant la sphère d'électricité positive avec la machine électrique, le galvanomètre indiquait un courant allant du plateau induit près de la sphère, lequel devient électronégatif au plateau induit loin de la sphère inductrice, lequel devient électropositif. En intervertissant la conjonction des deux extrémités du fil du galvanomètre, avec les plateaux, on obtient une déviation inverse de l'aiguille : ce qui prouve que les deux déviations sont vraiment l'effet d'un courant allant du plateau qui devient électronégatif auplateau qui devient électropositif. Lorsque l'induction a été établie dans les plateaux et que la tension de la sphère inductrice ne varie pas sensiblement, il n'y a plus de courant dans le fil du galvanomètre; mais si on décharge la sphère inductrice, pendant que les plateaux retournent à l'état naturel,

[1] *Principe de la théorie mécanique de l'électricité*. Turin, 1867, chez Paravia.

Digitized by Google

l'aiguille du galvanomètre indique un courant dirigé du plateau qui perd la tension électropositive au plateau qui perd la tension électronégative.

Donc, *lorsqu'un corps subit l'induction électrostatique, il est parcouru par un courant électrique dirigé de la partie qui acquiert la tension électronégative à la partie qui acquiert la tension électropositive; et, vice versâ, lorsque le corps induit retourne à l'état naturel, il est parcouru par un courant dirigé de la partie qui perd la tension électropositive à la partie qui perd la tension électronégative.*

Voilà un nouveau côté des phénomènes d'induction électrostatique qui n'a pas encore été observé par aucun physicien. M. Govi vient d'obtenir des courants beaucoup plus énergiques en substituant au condensateur d'Æpinus des batteries électriques.

Ce nouveau théorème nous dévoile la source du magnétisme terrestre. Supposons une sphère métallique isolée sur un axe de verre, laquelle soit en présence d'une autre sphère chargée d'électricité positive. La première sphère subira l'induction de la seconde, son hémisphère, tourné vers celle-ci deviendra électronégatif, et l'hémisphère opposé électropositif. Si l'on fait tourner cette sphère sur son axe de verre, en présence de la sphère inductrice électropositive, les deux tensions électriques contraires marcheront dans la sphère induite dans le sens du mouvement apparent de la sphère inductrice; mais, par le théorème que j'ai établi, le transport des tensions dans la sphère induite exige un courant dirigé dans le sens de ce transport.

L'existence de ce courant est une conséquence nécessaire de mon théorème. Or, qu'on suppose que le Soleil soit un corps chargé d'électricité positive (ce qui résulte des inductions de plusieurs astronomes et physiciens, Sabine, Lamont, etc., et de ma *Théorie de l'électricité* [1]), l'hémisphère terrestre tourné vers cet astre sera électronégatif, et l'hémisphère opposé sera électropositif. Mais comme le Soleil

Digitized by Google

tourne (apparemment) autour de la Terre de l'est à l'ouest, la tension électrique des deux hémisphères devra marcher dans notre globe dans ce même sens; ce qui exige, selon mon expérience, l'existence d'un courant allant dans la Terre de l'est à l'ouest. Voilà dévoilée l'origine du magnétisme terrestre.

Dans cette théorie, il faut admettre que l'induction électrostatique s'exerce à travers le vide interplanétaire par l'éther. Or, comme le vide n'est pas conducteur de l'électricité, c'est-à-dire qu'il ne laisse pas passer le courant électrique, il y a des physiciens qui croient que l'influence électrique ne peut pas s'exercer à travers le vide; mais c'est une erreur. En effet, Volpicelli a trouvé que dans le vide fait avec une bonne machine pneumatique, l'induction électrostatique est d'autant plus manifeste que la raréfaction de l'air s'approche davantage du vide parfait. D'où il conclut que le vide est un cohibent parfait, c'est-à-dire qu'il offre le plus de résistance au passage de l'électricité et aucune au passage de l'influence électrique (*Comptes rendus*, 4 octobre 1869). Du reste l'induction moléculaire doit bien s'exercer à travers le vide intermoléculaire.

La vélocité du courant qui produit le magnétisme de notre globe est celle de ces différents points dans leur tour autour de l'axe terrestre.

Si l'induction électrique du Soleil est la cause du magnétisme de la Terre, celui-ci doit être plus fort lorsque cette planète est plus près du Soleil, c'est-à-dire au périgée, et plus faible à l'apogée. En effet, Sabine a trouvé qu'à Toronto et à Hobart-Town, c'est à la même époque de l'année, savoir dans l'intervalle compris entre octobre et février, qui est l'hiver pour Toronto et l'été pour Hobart-Town, que l'intensité du magnétisme est à son maximum; tandis que dans ces mêmes stations c'est un minimum dans l'intervalle compris

[1] Ouvrage cité, § 152.

Digitized by Google

entre avril et août qui est l'été pour Toronto et l'hiver pour Hobart-Town (*Archives des Sciences phys.*, 1865, tome XXII, p. 101).

L'intensité du courant induit par le Soleil doit changer avec le passage de cet astre du méridien supérieur à l'horizon et au méridien inférieur, c'est-à-dire à six heures de distance. Eh bien! dit le P. Secchi, un caractère fondamental de toutes les périodes simples du magnétisme terrestre, c'est que le maximum et le minimum se produisent à six heures de distance environ (*Archives des Sc. phys.*, 1855, t. XXVIII, p. 19).

L'apparition de taches sur la surface du Soleil doit modifier sa tension électrique et, par suite, l'intensité du magnétisme qu'il engendre dans les planètes. Voilà la raison de la coïncidence de la période décennale des variations magnétiques découverte par Lamont, avec la période décennale des taches solaires signalée par Schwabe.

Ainsi que sur la Terre, le Soleil doit induire des tensions électriques opposées dans les deux hémisphères de la Lune, et celle-ci doit à son tour influencer la Terre. Voilà pourquoi tous les éléments magnétiques sont influencés par la Lune. Cette influence de la Lune est analogue à celle du Soleil. Il y a deux maximum de déviation vers l'est et deux maximum de déviation vers l'ouest, entre deux passages consécutifs de la Lune au méridien de la station.

On explique de même l'influence des autres planètes, et surtout de Vénus, sur le magnétisme terrestre.

L'induction électrostatique du Soleil est donc la cause génératrice du magnétisme terrestre. Quant aux perturbations, elles sont dues aux charges et décharges électriques qu'acquiert la vapeur aqueuse dans ses métamorphoses à la surface de la terre.

Digitized by Google

C. VIERORDT. DIE MESSUNG DER LICHTABSORPTION, etc. EMPLOI DU SPECTROSCOPE POUR LA MESURE DE L'ABSORPTION DE LA LUMIÈRE AU TRAVERS DES CORPS TRANSPARENTS. (*Poggend. Annalen*, tome CXL, p. 172.)

M. Vierordt a été conduit à une méthode simple permettant de mesurer rapidement et exactement le pouvoir absorbant des milieux transparents pour les différentes couleurs du spectre. Le procédé consiste à disposer la fente d'un spectroscope de manière que l'on puisse en faire varier indépendamment la largeur dans la moitié supérieure et dans la moitié inférieure. A cet effet, l'un des bords de la fente commun aux deux moitiés est formé d'une lame métallique fixe, tandis que l'autre bord est formé de deux plaques mobiles, l'une supérieure, l'autre inférieure; chacune d'elles est commandée par une vis micrométrique munie d'un tambour dont les divisions indiquent immédiatement la largeur de la fente. Un support particulier permet de placer au devant de l'une des deux parties de la fente le corps transparent que l'on veut étudier. Une moitié du spectre observé provient ainsi de la lumière qui a traversé le corps; l'autre provient des rayons arrivant directement de la source lumineuse.

Pour mesurer l'absorption exercée par le corps sur une espèce de radiation, il suffit de diminuer la partie de la fente qui reçoit la lumière directement, jusqu'à ce que l'intensité de la couleur que l'on considère soit la même pour les deux spectres superposés. Dans le cas où le corps absorbe avec une grande intensité une espèce déterminée de rayons, il convient de ne pas prendre comme terme de comparaison la lumière directe, mais cette lumière déjà affaiblie dans une proportion déterminée par son passage au travers d'un verre enfumé qui absorbe également toutes les espèces de rayons.

Digitized by Google

C. Schultz-Sellack. Bemerkung ueber die Farbe des Jods. Remarque sur la couleur de l'iode. (*Poggend. Annalen*, tome CXL, p. 334.)

L'on peut obtenir facilement des feuilles minces et transparentes d'iode en pressant de l'iode fondu entre deux plaques de verre. La lumière transmise par ces feuilles est brun-rouge; elle ne donne à l'analyse spectrale que les rayons rouges extrêmes. La vapeur d'iode présente une tout autre couleur : elle est violette, et laisse passer de préférence les rayons bleus et violets, comme M. Thalen l'a reconnu dans un récent travail.

Parmi les solutions d'iode, les unes se comportent au point de vue de leur pouvoir absorbant pour la lumière comme ce corps à l'état solide, les autres comme sa vapeur. Les dissolutions dans l'eau, l'alcool, l'acide acétique ont presque exactement la même couleur que l'iode solide, tandis que les dissolutions dans le sulfure de carbone, le chlorure de zinc et le chlorure de phosphore sont violettes comme la vapeur d'iode. Ce corps se distingue en cela de la plupart des substances colorantes, lesquelles présentent presque toutes à l'état liquide le même pouvoir absorbant pour la lumière qu'à l'état gazeux, avec cette seule différence que les raies d'absorption, généralement très-nettes avec les gaz, ne le sont pas avec les liquides. Il en est de même d'après les expériences de M. Tyndall pour la chaleur obscure. Suivant ce physicien, la plupart des corps l'absorbent dans les mêmes proportions, soit qu'ils soient à l'état liquide, soit qu'ils soient à l'état gazeux. Magnus a cherché à établir, contrairement à la manière de voir de M. Tyndall, que l'eau fait exception à cette règle en absorbant plus fortement la chaleur à l'état liquide qu'à l'état gazeux. Cette question n'est point encore définitivement tranchée; mais, en tout cas, nous venons de voir, par l'exemple de l'iode, qu'il n'y a rien d'impossible à ce que, contrairement à la loi générale, le pouvoir absorbant de certains corps pour la lumière ou la chaleur varie avec leur état moléculaire. E. S.

Digitized by Google

CHIMIE.

E. Fremy. Note sur la réduction de l'acide azoteux par les métaux. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, tome LXX, page 1207.)

En étudiant l'action de l'acide azoteux sur les métaux, M. Fremy avait constaté la production d'un corps possédant des propriétés réductives très-énergiques, mais dont il n'avait pu déterminer immédiatement la nature, à cause de la faible quantité de ce corps qui se produit dans ces réactions.

Ayant repris l'étude de cette question, il a réussi à obtenir ce corps réducteur en plus grande quantité, et à apprécier nettement ses caractères et sa nature. Il a reconnu son identité avec la nouvelle base découverte par M. Lossen, l'oxy-ammoniaque $Az^2H^6O^2$ ou Az^2H^4O,H^2O, que ce chimiste avait obtenue en faisant agir un mélange d'acide chlorhydrique et d'étain sur l'éther azotique de l'esprit de bois.

M. Fremy obtient cette base en traitant l'étain par l'acide chlorhydrique concentré à une douce chaleur, et ajoutant, lorsque l'hydrogène se dégage en abondance, de l'acide azoteux, un azotite ou plus simplement de l'acide azotique. Il précipite ensuite le protoxyde d'étain par un excès d'ammoniaque, évapore à sec et reprend par l'alcool absolu qui dissout le chlorhydrate de la nouvelle base.

Cette base est caractérisée par un pouvoir réducteur très-prononcé; ses sels neutres ou acides décomposent immédiatement le permanganate de potasse et l'acide iodique. Le pouvoir réducteur augmente beaucoup lorsqu'on met la base en liberté au moyen d'un alcali; on obtient ainsi des liqueurs réduisant les sels de cuivre, de mercure, d'argent et d'or.

M. Fremy s'est assuré que l'oxy-ammoniaque préparée par la méthode de M. Lossen, présente les mêmes propriétés réductrices.

Digitized by Google

BOTANIQUE.

D. Clos. Monographie de la préfoliation dans ses rapports avec les divers degrés de la classification. Toulouse, 1870; in-8°, 48 pages.

La disposition des parties de la feuille dans le bourgeon a été souvent étudiée depuis Linné; jamais cependant on n'avait examiné ce caractère dans un aussi grand nombre d'espèces, de genres et de familles que ne l'a fait M. Clos, d'après l'opuscule dont nous venons d'indiquer le titre. Il a eu pour but principal d'estimer la valeur de la vernation, soit préfoliation, au point de vue des affinités naturelles déduites de l'ensemble des caractères, et pour cela il fallait examiner plusieurs centaines de plantes, appartenant à diverses familles. Ce genre d'étude ne peut pas se faire aisément dans les herbiers, puisque les échantillons y sont presque toujours choisis à l'époque de la floraison, ou même plus tard; mais dans les jardins botaniques, on a tous les moyens possibles de s'en occuper, et M. Clos a profité des collections du jardin de Toulouse qu'il dirige.

Comme on pouvait s'y attendre, la vernation n'est, d'une manière absolue, ni un caractère de famille, ni même un caractère générique; cependant elle est quelquefois uniforme dans toute une famille ou dans toutes les espèces d'un genre. Les résumés de M. Clos sont très-clairs, et en donnent des exemples instructifs. Ainsi, toutes les Polygonées ont la préfoliation dite *revolutée*; les Caprifoliacées, Dipsacées, Valérianées, Nymphéacées et autres ont la préfoliation *involutée;* plus de vingt familles ont uniformément la préfoliation *condupliquée;* les Droséracées, les Fougères ont la préfoliation *circinée;* les Linées, les Polygalées ont la préfoliation *plane.* D'un autre côté, plusieurs familles ont deux ou plusieurs de ces types de préfoliation. Le fait le plus curieux, sous ce rapport, est celui des Labiées, famille assurément très-naturelle,

Digitized by Google

et qui offre les cinq types : condupliquée (Ajuga, Lamium, etc.), convolutée (Marrubium peregrinum, plusieurs Salvia, Stachys), involutée (Marrubium vulgare, Ballota lanata), revolutée (plusieurs Teucrium et Lavandula, Rosmarinus), plane (Melissa officinalis, plusieurs Mentha, Teucrium pyrenaicum).

Les genres présentent, plus souvent que les familles, une préfoliation uniforme ; cependant M. Clos a trouvé des genres à deux, à trois et même quatre préfoliations différentes, selon les sections du genre ou selon les espèces. Je ne vois pas que M. Clos ait rencontré une espèce dans laquelle les feuilles auraient tantôt une disposition, tantôt une autre, du moins les feuilles de même nature, car les cotylédons diffèrent presque toujours des autres feuilles, et les bractées peuvent aussi différer.

Au milieu de toutes les diversités observées, la préfoliation peut aider le naturaliste à découvrir les véritables affinités des familles, genres et espèces. Par exemple, on a tantôt séparé, tantôt rapproché les Dichondrées et les Convolvulacées ; M. Clos remarque, à l'appui de la réunion, que la vernation est condupliquée dans les deux groupes. Les Balsamifluées, dont la place est un peu douteuse, ont la préfoliation condupliquée, comme les Hamamelidées, desquelles plusieurs botanistes les rapprochent. Le genre Ailantus a été mis tantôt dans les Zanthoxylées et tantôt dans les Térébintacées ; or, il a une préfoliation condupliquée comme ces dernières. On a hésité sur la convenance de distinguer les genres Stachys et Betonica, à ce point que M. Bentham, le savant monographe des Labiées, a varié d'opinion sur ce point. M. Clos fait remarquer combien la préfoliation appuie une distinction générique, car elle est revolutée dans les Betonica et condupliquée dans les Stachys. La Reine Marguerite, jadis réunie aux Aster, maintenant distinguée sous le nom de Callistephus, a une autre vernation. Le Mespilus pyracantha L. a été rapporté quelquefois au genre Cotoneaster, mais sa vernation

Digitized by Google

convolutée, et non condupliquée, montre que c'est un rapprochement erroné.

Nous ne pouvons citer qu'une très-petite partie des faits et des déductions qui se trouvent dans l'opuscule de M. Clos. C'est un document d'une grande richesse, sous un petit espace. Il nous reste à émettre le vœu que l'auteur continue, ses observations, en particulier dans les familles exotiques dont les jardins offrent à présent beaucoup d'exemples, et qu'il publie une fois une seconde édition plus étendue, offrant au début quelques sections au trait, qui indiquent bien les types de préfoliations dont il parle, et se terminant par une table alphabétique des espèces observées. Ce serait un complément des ouvrages actuels de botanique descriptive, dans lesquels la vernation a été souvent négligée; d'ailleurs les conséquences intéressantes que M. Clos a déjà signalées seront d'autant mieux établies que les espèces étudiées auront été plus nombreuses. Alph. de C.

Digitized by Google

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'AOUT 1870.

Le 1, forte rosée le matin.

5, forte rosée le matin; éclairs et tonnerres de 3 1/4 à 4 1/2 h., l'orage suit la direction du Sud au Nord à l'Ouest de l'Observatoire.

7, rosée le matin.

8, succession d'orages accompagnés d'éclairs et de tonnerres; le 1er éclate vers 10 h. du matin à l'Est, le second vers midi dans la même direction. Le 3e, le plus violent, passe du Sud au Nord un peu à l'Ouest de l'Observatoire et atteint sa plus grande intensité vers 6 3/4 h. du soir, à ce moment une violente averse donne 15mm dans un quart d'heure. A 7 3/4 h. on entend encore le tonnerre à l'Est.

10, éclairs et tonnerres de 10 h. 25 m. à 11 h., l'orage passe au Nord de l'Observatoire dans la direction du NO. à l'Est. Vers 3 1/2 h. de l'après-midi tonnerres au NE.

13, rosée le matin.

15, id., halo solaire partiel de midi à 2 1/2 h. Éclairs et tonnerres de 5 h. à 5 1/2 h. du soir, direction de l'orage SSO. à ENE.

17, forte rosée le matin; éclairs au SE. toute la soirée.

18, de 6 3/4 h. à 7 1/4 h. du matin, on voit le parhélie de gauche sur le halo ordinaire, et de 7 3/4 h. à 8 1/2 h. l'arc tangent supérieur.

19, de 7 3/4 h. à 8 1/2 h. du soir éclairs au SE.

20, halo solaire partiel de 10 1/4 h. à 10 3/4 h.

21, rosée le matin.

22, rosée le matin.

23, à 11 h. du matin fort coup de vent du SSO.

24, rosée le matin.

26, id.

Digitized by Google

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

		mm
Le 1 à 8 h.	matin	725,76
6 à 10 h.	soir	727,80
11 à 8 h.	soir	728,03
17 à 8 h.	matin	724,57
21 à 10 h.	soir	731,63
23 à 10 h.	soir	727,33
30 à 10 h.	soir	729,56

MINIMUM.

		mm
Le 2 à 6 h.	soir	721,27
8 à 4 h.	après m.	721,69
15 à 6 h.	soir	722,11
18 à 4 h.	après midi	718,76
23 à 11 h.	matin	723,99
26 à 4 ½ h.	après m.	721,50

Digitized by Google

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm.
1	725,11	— 2,96	+23,29	+4,64	+14,0	+30,1	11,28	+0,53	566	—117	310	930	...	...	SO. 1	0,29	21,7	+ 3,2	206
2	723,73	— 4,34	+22,73	+4,12	+15,9	+27,6	12,20	+1,46	604	— 80	490	730	...	...	N. 1	0,48	21,8	+ 3,3	201
3	723,52	— 4,55	+18,83	+0,26	+18,0	+25,0	12,55	+1,81	806	+121	630	940	23,7	12	variable	0,93	20,8	+ 2,3	201
4	723,94	— 4,13	+18,07	—0,46	+15,7	+21,7	12,37	+1,64	819	+133	620	890	0,7	2	SO. 1	0,82	20,7	+ 2,2	210
5	723,69	— 4,38	+18,73	+0,24	+13,1	+26,0	11,59	+0,87	735	+ 48	450	900	...	...	SO. 1	0,74	19,8	+ 1,3	212
6	727,04	— 1,02	+17,93	—0,52	+14,8	+22,8	10,57	—0,14	714	+ 26	510	850	...	...	N. 1	0,68	16,8	— 1,7	213
7	725,79	— 2,27	+18,62	+0,22	+12,1	+25,0	10,80	+0,10	695	+ 6	400	880	...	...	N. 1	0,52	—	—	214
8	722,89	— 5,17	+16,86	—1,49	+12,7	+22,9	11,40	+0,71	826	+136	560	1000	33,7	7	SSO. 1	0,80	20,7	+ 2,2	213
9	722,11	— 5,95	+16,20	—2,10	+14,0	+20,1	11,73	+1,05	870	+179	680	970	5,5	4	SSO. 1	0,94	20,0	+ 1,5	213
10	727,51	— 0,55	+16,25	—1,99	+13,7	+22,0	10,48	—0,19	788	+ 95	520	920	6,3	5	variable	0,79	19,8	+ 1,3	212
11	727,55	— 0,50	+14,71	—3,47	+12,8	+17,4	10,46	—0,20	862	+ 167	670	1000	9,7	9	SSO. 2	0,96	16,6	— 2,0	211
12	726,67	— 1,38	+17,55	—0,57	+13,8	+22,3	12,21	+1,56	830	+133	630	970	0,1	1	N. 1	0,46	14,1	— 4,5	212
13	726,23	— 1,82	+18,28	+0,22	+14,2	+22,1	12,09	+1,46	784	+ 85	600	920	...	...	N. 2	0,50	17,2	— 1,4	214
14	726,24	— 1,80	+19,21	+1,22	+15,8	+23,3	12,11	+1,50	748	+ 47	540	850	...	...	N. 1	0,47	—	—	212
15	723,64	— 4,40	+18,15	+0,23	+13,7	+23,9	12,06	+1,46	786	+ 83	540	920	6,5	1	N. 1	0,52	19,7	+ 1,1	211
16	722,76	— 5,27	+18,91	+1,06	+14,8	+23,8	11,26	+0,68	718	+ 13	420	850	...	...	N. 1	0,34	20,2	+ 1,6	211
17	723,69	— 4,33	+18,30	+0,53	+12,9	+23,6	10,54	—0,02	688	— 19	450	880	...	...	NNO. 1	0,22	20,3	+ 1,7	210
18	721,63	— 6,38	+16,22	—1,47	+14,4	+21,0	11,11	+0,57	835	+126	640	1000	9,7	8	N. 1	0,89	20,0	+ 1,5	209
19	719,13	— 8,87	+16,16	—1,45	+14,2	+20,8	10,33	—0,19	787	+ 76	530	950	1,7	3	N. 1	0,68	19,8	+ 1,3	208
20	725,23	— 2,76	+15,01	—2,52	+12,7	+19,2	6,82	—3,68	576	—137	390	710	...	...	N. 2	0,39	19,8	+ 1,3	206
21	729,55	+ 1,58	+13,09	—4,36	+ 8,5	+18,2	6,27	—4,21	600	—115	370	870	...	...	NNE. 1	0,39	—	—	204
22	729,76	+ 1,81	+12,88	—4,48	+ 5,9	+18,1	6,93	—3,51	655	— 62	410	960	...	...	N. 1	0,37	19,6	+ 1,1	196
23	725,85	— 2,08	+13,17	—4,10	+ 7,4	+19,0	7,70	—2,74	702	— 17	370	880	0,3	1	SSO. 1	0,78	19,5	+ 1,1	195
24	726,48	— 1,43	+15,47	—1,71	+ 6,9	+22,1	7,89	—2,53	631	— 90	410	940	...	...	SSO. 1	0,31	18,7	+ 0,3	192
25	725,40	— 2,48	+17,18	+0,09	+12,0	+23,0	7,54	—2,86	550	—173	370	810	...	...	SSO. 1	0,39	18,5	+ 0,1	189
26	722,89	— 4,96	+14,50	—2,49	+ 6,8	+21,3	6,45	—3,93	539	—166	330	920	...	...	variable	0,70	18,9	+ 0,5	187
27	724,83	— 2,99	+12,66	—4,23	+ 7,1	+19,0	6,28	—4,08	613	—115	400	870	...	...	variable	0,44	17,9	— 0,5	184
28	724,58	— 3,21	+14,30	—2,49	+ 6,0	+21,6	7,35	—2,98	626	—105	330	860	...	...	SSO. 1	0,84	—	—	180
29	724,11	— 3,65	+16,03	—0,66	+13,9	+19,3	8,73	—1,57	686	— 48	410	920	7,6	9	SSO. 1	0,99	17,6	— 0,7	177
30	727,86	+ 0,13	+14,44	—2,15	+12,7	+18,0	6,81	—3,46	595	—142	410	870	...	...	NNE. 1	0,22	17,4	— 0,9	175
31	729,00	+ 1,30	+13,98	—2,50	+10,0	+18,7	7,27	—2,97	631	—109	520	720	...	...	NNE. 2	0,18	16,9	— 1,4	174

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	724,74	724,83	724,73	724,70	724,33	724,02	724,05	724,59	725,01
2e «	724,54	724,71	724,73	724,41	723,98	723,61	723,62	724,10	724,42
3e «	726,56	726,69	726,73	726,35	726,06	725,91	726,10	726,70	726,90
Mois	725,32	725,45	725,44	725,19	724,83	724,56	724,64	725,18	725,49
Température.									
	°		°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+16,00	+18,43	+19,85	+20,80	+22,41	+22,74	+21,13	+19,13	+17,86
2e «	+14,62	+16 48	+17,81	+19,36	+20,61	+21,20	+19,44	+17,81	+16,79
3e «	+ 9,80	+13,94	+16,41	+18,22	+18,56	+18,65	+16,79	+14,68	+12,83
Mois	+13,35	+16,21	+17,97	+19,42	+20,46	+20,79	+19,05	+17,13	+15,73
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1er décade	11,47	12,13	12,08	11,72	10,96	10,94	11,60	11,91	11,74
2e «	10,90	10,84	10,96	10,88	10,66	10,28	11,58	11,82	11,25
3e «	7,30	7,51	6,93	6,67	7,11	7,15	7,63	7,71	7,89
Mois	9,81	10,08	9,89	9,66	9,50	9,38	10,18	10,39	10,22
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	856	771	717	658	555	543	635	740	781
2e «	876	777	721	651	590	550	696	778	789
3e «	823	645	502	431	455	448	535	623	715
Mois	851	728	642	575	531	512	619	711	760

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	cm
1re décade	+14,40	+24,32	0,70	20,23	69,9	209,5
2e «	+13,93	+21,74	0,54	18,63	27,7	210,4
3e «	+ 8,84	+19,85	0,51	18,33	7,9	186,6
Mois	+12,27	+21,90	0,58	19,07	105,5	201,7

Dans ce mois, l'air a été calme 2,15 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,26 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 24°,2 O., et son intensité est égale à 17,3 sur 100.

Digitized by Google

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AOUT 1870.

Le 3, brouillard tout le jour ; tonnerres à 9 h. du matin.
4, id. id.
5, id. depuis 4 h. du soir ; éclairs et tonnerres à 6 1/2 h. du soir.
6, id. toute la journée.
7, id. depuis 2 h. de l'après-midi.
8, id. depuis 4 h. du soir.
9, 12, id. tout le jour.
13, id. de 4 h. du soir à 8 h. du soir.
14, id. une partie de la journée.
15, id. depuis 8 h. du soir.
16, id. depuis 6 h. du soir.
19, 21, id. tout le jour ; le 21, vers 8 3/4 h. du matin, il neige pendant 1/2 h., la neige a été emportée par le vent.
22, id. le matin et le soir.
23, id. depuis 6 h. du soir.
24, id. depuis 6 h. du soir.
25, id. presque toute la journée.
26, id. depuis 2 h. de l'après-midi.
27, id. toute la journée.
29, id. une grande partie de la journée.
30, id. tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM

	mm
Le 2 à 8 h. matin	569,52
6 à 10 h. soir	567,20
13 à 10 h. soir	567,77
17 à 8 h. soir	567,73
21 à 10 h. soir	567,31
31 à 10 h. soir	568,32

MINIMUM.

	mm
Le 4 à 6 h. matin	563,62
9 à 6 h. matin	561,96
16 à 10 h. matin	564,03
19 à 4 h. après midi	560,08
27 à 6 h. matin	560,04

Digitized by Google

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.		Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim				
1	568,35	— 0,53	567,26	568,97	+ 9,93	+ 3,53	+ 6,2	+12,8	.....	.....	....	NE.	1	0,29
2	569,01	+ 0,12	568,45	569,52	+11,98	+ 5,58	+ 8,8	+16,0	.....	.....	....	SO.	1	0,27
3	565,39	— 3,51	563,82	567,11	+ 5,90	— 0,49	+ 4,8	+13,8	.....	40,6	7	SO.	1	0,91
4	564,82	— 4,08	563,62	566,06	+ 4,47	— 1,92	+ 4,2	+ 5,4	.....	.....	....	NE.	2	1,00
5	565,80	— 3,10	565,46	566,52	+ 7,65	+ 1,27	+ 4,0	+13,5	.....	10.5	3	SO.	1	0.53
6	566,20	— 2,70	565,36	567,20	+ 2,93	— 3,44	+ 2,6	+ 3,2	.....	5,4	4	NE.	2	1,00
7	566,45	— 2,44	566,22	566,79	+ 7,10	+ 0,75	+ 4,0	+11,7	.....	.....	....	NE.	1	0,66
8	563,86	— 5,03	563,42	564,52	+ 4,86	— 1,47	+ 3,1	+ 9,2	.....	8,7	4	NE.	1	0,86
9	562,68	— 6,20	561,96	564,10	+ 2,84	— 3,47	+ 2,6	+ 3,8	.....	5,3	4	NE.	1	1,00
10	566,23	— 2,64	564,70	567,12	+ 1,50	— 4,78	+ 1,4	+ 2,8	.....	3,6	6	NE.	1	0,98
11	566,03	— 2,83	565,92	566,36	+ 2,10	— 4,15	+ 0,7	+ 3,5	.....	7,8	6	NE.	2	0,97
12	566,95	— 1,90	566,78	567,21	+ 5,65	— 0,57	+ 4,2	+ 8,2	.....	4,0	4	NE.	1	0,93
13	567,29	— 1,54	566,78	567,77	+ 6,93	+ 0,74	+ 4,3	+10,3	.....	3,4	4	NE.	1	0,62
14	567,50	— 1,31	567,31	567.70	+ 7,65	+ 1,49	+ 5,0	+10,4	.....	.....	....	NE.	1	0,63
15	566.57	— 2,22	565,64	567,66	+ 7,63	+ 1,51	+ 4,7	+11,2	.....	.....	....	NE.	1	0,53
16	564,95	— 3,82	564,03	567,16	+ 5,93	— 0,15	+ 4,0	+10,5	.....	.....	....	NE.	1	0,39
17	565,37	— 3,38	564,84	567,73	+ 6,37	+ 0,33	+ 3,8	+ 9,0	.....	.....	....	NE.	1	0,08
18	563,23	— 5,49	561,55	564.50	+ 5,65	— 0,35	+ 4,5	+ 9,2	.....	8,5	8	SO.	1	0,83
19	560.42	— 8,27	560,08	561,33	+ 3,65	— 2,30	+ 2,0	+ 7,2	.....	9,8	8	NE.	1	0,93
20	563,39	— 5,27	561,23	564.72	+ 0,61	— 5,29	— 0,5	+ 3,6	.....	.....	....	NE.	1	0,92
21	565,84	— 2,79	564,52	567,31	— 3,36	— 9,21	— 4,0	— 1.7	.....	0,5	1	NE.	2	0,91
22	566.42	— 2,18	566,16	566,82	— 1,40	— 7,19	— 4,8	+ 1.6	.....	.....	....	NE.	1	0,56
23	564.21	— 4,35	563,42	565,28	+ 0,31	— 5,42	— 1,5	+ 5,2	40	4,3	3	NE.	1	0,86
24	565.28	— 3,24	565,01	565,52	+ 2,39	— 3,28	+ 1,0	+ 5,2	.....	.....	....	NE.	1	0,36
25	564,25	— 4,23	564,03	564,52	+ 1,63	— 3,97	+ 0,3	+ 4,8	.....	.....	....	NE.	2	0,78
26	561.62	— 6,82	560,69	562,81	+ 1,88	— 3,65	— 1,5	+ 4,8	.....	.....	....	NE.	1	0,66
27	561,72	— 6,68	560,04	563,69	— 3,38	— 8,84	— 4,5	— 1,6	75	9,6	8	NE.	2	0,89
28	563,74	— 4,61	563,02	564,28	+ 2,70	— 2,69	— 2,0	+ 5,8	.....	.....	....	NE.	1	0,93
29	564,42	— 3,88	563,92	564,66	+ 3,42	— 1,90	+ 2,2	+ 6,0	.....	.....	....	NE.	1	0,94
30	565,28	— 2,97	564,45	566,22	— 0,41	— 5,65	— 1,7	+ 1,2	.....	9,5	8	NE.	1	0,96
31	567,61	— 0,59	566,68	568,32	+ 3,92	— 1,24	+ 1,7	+ 7.3	.....	.....	....	SO.	1	0,19

Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermom étrographe étant hors de service.

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	565,55	565,82	565 88	565,87	565,96	566,00	565,88	566,16	566,30
2e »	564,83	565,04	565,20	565,12	565,30	565,20	565,35	565,58	565,43
3e »	564,19	564,27	564,62	564,61	564,53	564,62	564,79	565,01	565,10
Mois	564,83	565,02	565,21	565,18	565,24	565,25	565,32	565,56	565,59
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+ 4,71	+ 6,20	+ 7,43	+ 8,34	+ 7,71	+ 6,90	+ 6,16	+ 5,38	+ 4,93
2e »	+ 3,62	+ 5,61	+ 6,98	+ 7,64	+ 7,15	+ 6,13	+ 5,27	+ 4,61	+ 4,48
3e »	— 0,37	+ 1,06	+ 1,80	+ 2,77	+ 2,73	+ 1,77	+ 0,83	+ 0,35	— 0,14
Mois	+ 2,55	+ 4,19	+ 5,29	+ 6,14	+ 5,76	+ 4,83	+ 3,98	+ 3,35	+ 2,99

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade	+ 4,17	+ 9,22	0,75	74,1	—
2e »	+ 3,27	+ 8,31	0,68	33,5	—
3e »	— 1,35	+ 3,51	0,73	23,9	115
Mois	+ 1,92	+ 6,90	0,72	131,5	115

Dans ce mois, l'air a été calme 11,9 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 6,89 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 73,8 sur 100.

* Voir la note du tableau.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1869

POUR GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

M. E. PLANTAMOUR

Professeur

Les observations météorologiques ayant été faites et réduites, dans les deux stations, suivant le même système que les années précédentes, je me bornerai à résumer sous la forme adoptée les résultats principaux pour l'année 1869, ainsi que leur comparaison avec la moyenne.

Digitized by Google

TEMPÉRATURE A GENÈVE 1869.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Température moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1868.	+ 8,54	+ 8,90	+ 8,10	+ 7,00	+ 6,54	+ 6,28	+ 6,21	+ 6,19	+ 6,15	+ 6,15	+ 6,18	+ 7,56	+ 6,98	+ 3,90	+10,38
Janv. 1869	+ 2,38	+ 3,14	+ 2,94	+ 1,70	+ 1,22	+ 0,47	+ 0,03	− 0,28	− 0,48	− 0,66	− 0,42	+ 0,76	+ 0,90	− 1,91	+ 4,77
Février . .	+ 7,51	+ 8,32	+ 7,74	+ 6,61	+ 5,63	+ 4,69	+ 4,09	+ 3,78	+ 3,43	+ 3,25	+ 3,46	+ 5,73	+ 5,35	+ 1,83	+ 9,79
Mars . . .	+ 3,83	+ 4,49	+ 4,27	+ 3,63	+ 2 80	+ 2,19	+ 1,63	+ 0,87	+ 0,25	+ 0,35	+ 1,50	+ 2,73	+ 2,38	− 0,44	+ 5,71
Avril . . .	+13,49	+14,34	+14,60	+13,27	+11,24	+ 9,62	+ 8,46	+ 6,76	+ 5,29	+ 5,81	+ 9,49	+11,74	+10,35	+ 4,89	+16,18
Mai	+17,76	+18,46	+18,32	+16,32	+14,87	+13,57	+12,62	+11,39	+10,84	+11,86	+14,49	+16,37	+14,74	+10,33	+20,16
Juin. . . .	+17,70	+19,03	+19,19	+17,74	+15,54	+13,53	+12,13	+10,95	+10,61	+11,56	+14,67	+16,06	+14,90	+ 9,40	+20,36
Juillet. . .	+24,00	+25,45	+25 33	+24,15	+21,86	+19,83	+18,26	+16,25	+15,16	+16,40	+20,27	+22,30	+20,78	+14,46	+26,85
Août . . .	+21,09	+21,95	+21,96	+20,55	+18,53	+16,53	+15,21	+13,63	+12,60	+13,58	+16,97	+19,20	+17,65	+11,70	+23,55
Septembre	+18,79	+19,90	+19,93	+18,17	+16,18	+14,80	+13,57	+11,94	+10,74	+11,41	+14,35	+16,84	+15,55	+10,34	+21,22
Octobre. .	+11,13	+11,83	+11,25	+ 9,54	+ 8,25	+ 7,08	+ 6,13	+ 5,43	+ 5,26	+ 5,98	+ 7,18	+ 9,52	+ 8,21	+ 4,57	+13,14
Novembre	+ 7,75	+ 8,19	+ 7,34	+ 5,84	+ 5,06	+ 4,54	+ 3,82	+ 3,06	+ 2,57	+ 2,73	+ 3,15	+ 5,62	+ 4,97	+ 1,16	+ 9,60
Hiver . . .	+ 6,10	+ 6,74	+ 6,21	+ 5,05	+ 4,42	+ 3,78	+ 3,42	+ 3,21	+ 3,02	+ 2,90	+ 3,06	+ 4,65	+ 4,38	+ 1,26	+ 8,26
Printemps	+11,67	+12,41	+12,37	+11,05	+ 9,62	+ 8,45	+ 7,56	+ 6,34	+ 5,46	+ 6,01	+ 8,49	+10,27	+ 9,14	+ 4,93	+13,99
Été	+20,96	+22,18	+22,19	+20,85	+18,68	+16,66	+15,23	+13,64	+12,82	+13,87	+17,33	+19,22	+17,81	+11,88	+23,62
Automne .	+12,54	+13,29	+12,82	+11,17	+ 9,81	+ 8,79	+ 7,82	+ 6,79	+ 6,18	+ 6,70	+ 8,22	+10,65	+ 9,56	+ 5,35	+14,64
Année . .	+12,86	+13,69	+13,44	+12,07	+10,67	+ 9,45	+ 8,54	+ 7,52	+ 6,89	+ 7,40	+ 9,31	+11,23	+10,26	+ 5,88	+15,17

Digitized by Google

Formules de la variation diurne de la température à Genève, pendant l'année 1869.

Décembre 1868	t =	+	6°,98	+	1°,25	sin	(μ	+61°,8)	+	0,58	sin	(2 μ	+	48°,2)	+	0,15	sin	(3 μ	+	47°,7)
Janvier 1869 . .	t =	+	0,90	+	1,75	sin	(μ	+37,8)	+	0,56	sin	(2 μ	+	32,2)	+	0,15	sin	(3 μ	+	37,1)
Février	t =	+	5,38	+	2,38	sin	(μ	+40,8)	+	0,72	sin	(2 μ	+	42,7)	+	0,20	sin	(3 μ	+	81,5)
Mars	t =	+	2,35	+	1,97	sin	(μ	+37,3)	+	0,38	sin	(2 μ	+	74,3)	+	0,09	sin	(3 μ	+	243,4)
Avril	t =	+	10,35	+	4,35	sin	(μ	+41,3)	+	0,61	sin	(2 μ	+	102,2)	+	0,51	sin	(3 μ	+	228,2)
Mai	t =	+	14,74	+	3,63	sin	(μ	+52,3)	+	0,45	sin	(2 μ	+	92,5)	+	0,30	sin	(3 μ	+	262,4)
Juin	t =	+	14,90	+	4,20	sin	(μ	+47,6)	+	0,04	sin	(2 μ	+	33,7)	+	0,33	sin	(3 μ	+	260,5)
Juillet	t =	+	20,78	+	4,87	sin	(μ	+43,5)	+	0,47	sin	(2 μ	+	125,8)	+	0,49	sin	(3 μ	+	247,4)
Août	t =	+	17,65	+	4,54	sin	(μ	+45,1)	+	0,49	sin	(2 μ	+	106,8)	+	0,40	sin	(3 μ	+	231,5)
Septembre . . .	t =	+	15,55	+	4,34	sin	(μ	+42,6)	+	0,63	sin	(2 μ	+	83,7)	+	0,36	sin	(3 μ	+	245,1)
Octobre	t =	+	8,21	+	3,19	sin	(μ	+52,8)	+	0,51	sin	(2 μ	+	60,9)	+	0,06	sin	(3 μ	+	9,5)
Novembre . . .	t =	+	4,97	+	2,56	sin	(μ	+44,3)	+	0,88	sin	(2 μ	+	64,0)	+	0,23	sin	(3 μ	+	41,4)
Hiver	t =	+	4,38	+	1,75	sin	(μ	+44,9)	+	0,62	sin	(2 μ	+	40,3)	+	0,17	sin	(3 μ	+	59,0)
Printemps . . .	t =	+	9,14	+	3,29	sin	(μ	+44,4)	+	0,49	sin	(2 μ	+	94,2)	+	0,31	sin	(3 μ	+	244,7)
Été	t =	+	17,81	+	4,55	sin	(μ	+45,1)	+	0,34	sin	(2 μ	+	116,9)	+	0,42	sin	(3 μ	+	246,4)
Automne	t =	+	9,56	+	3,35	sin	(μ	+46,1)	+	0,66	sin	(2 μ	+	69,5)	+	0,06	sin	(3 μ	+	297,3)
Année	t =	+	10,26	+	3,24	sin	(μ	+45,2)	+	0,47	sin	(2 μ	+	74,4)	+	0,15	sin	(3 μ	+	252,2)

Digitized by Google

TEMPÉRATURE AU SAINT-BERNARD 1869.

ÉPOQUE.	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Température moyenne.
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Décembre 1868	- 3,08	- 3,33	- 4,31	- 4,63	- 4,85	- 4,98	- 4,95	- 4,70	- 4,50	- 4,47	- 4,31	- 3,51	- 4,30
Janvier 1869 . .	- 7,33	- 7,01	- 7,89	- 8,84	- 9,10	- 8,97	- 9,06	- 9,37	- 9,65	- 9,77	- 9,65	- 8,59	- 8,77
Février	- 2,25	- 2,20	- 3,36	- 4,42	- 4,66	- 4,52	- 4,49	- 4,68	- 4,89	- 4,98	- 4,54	- 3,49	- 4,04
Mars	- 7,48	- 7,18	- 8,72	-10,49	-11,07	-11,48	-11,75	-12,45	-12,82	-12,31	-10,41	- 8,66	-10,40
Avril	+ 1,50	+ 1,54	+ 0,84	- 1,28	- 2,52	- 2,98	- 3,21	- 3,80	- 4,19	- 3,87	- 0,95	+ 0,44	- 1,54
Mai	+ 4,51	+ 4,78	+ 4,54	+ 3,25	+ 2,36	+ 2,15	+ 1,90	+ 1,28	+ 0,83	+ 1,34	+ 2,58	+ 3,75	+ 2,77
Juin	+ 4,42	+ 4,61	+ 3,65	+ 2,46	+ 1,57	+ 1,26	+ 0,85	- 0,04	- 0,59	+ 0,04	+ 2,65	+ 3,90	+ 2,07
Juillet	+12,04	+12,27	+11,64	+ 9,85	+ 8,98	+ 8,41	+ 8,03	+ 6,89	+ 6,33	+ 7,48	+10,02	+11,36	+ 9,44
Août	+ 7,89	+ 8,05	+ 7,30	+ 6,07	+ 5,40	+ 5,16	+ 4,91	+ 4,05	+ 3,57	+ 4,37	+ 6,15	+ 7,17	+ 5,84
Septembre . . .	+ 7,27	+ 7,43	+ 6,54	+ 5,40	+ 4,66	+ 4,07	+ 3,69	+ 3,04	+ 2,82	+ 3,56	+ 5,09	+ 6,40	+ 5,00
Octobre	- 0,98	- 0,84	- 1,13	- 2,30	- 2,65	- 2,96	- 3,26	- 3,86	- 4,27	- 3,97	- 3,13	- 1,73	- 2,59
Novembre . . .	- 3,13	- 3,05	- 4,34	- 4,63	- 4,21	- 4,30	- 4,45	- 4,60	- 4,54	- 4,63	- 4,66	- 3,87	- 4,20
Hiver	- 4,28	- 4,24	- 5,25	- 6,02	- 6,25	- 6,21	- 6,22	- 6,30	- 6,40	- 6,46	- 6,22	- 5,25	- 5,76
Printemps . . .	- 0,51	- 0,31	- 1,13	- 2,86	- 3,76	- 4,11	- 4,37	- 5,00	- 5,41	- 4,96	- 2,95	- 1,51	- 3,07
Été	+ 8,16	+ 8,35	+ 7,57	+ 6,17	+ 5,36	+ 4,98	+ 4,64	+ 3,67	+ 3,14	+ 4,01	+ 6,31	+ 7,52	+ 5,82
Automne	+ 1,03	+ 1,16	+ 0,36	- 0,51	- 0,74	- 1,06	- 1,36	- 1,83	- 2,02	- 1,71	- 0,92	+ 0,25	- 0,62
Année	+ 1,13	+ 1,27	+ 0,42	- 0,78	- 1,32	- 1,58	- 1,81	- 2,35	- 2,65	- 2,26	- 0,92	+ 0,28	- 0,88

Digitized by Google

Formules de la variation diurne de la température au Saint-Bernard, pendant l'année 1869.

Décembre 1868.	$t = -4{,}30^\circ + 0{,}79^\circ \sin(\mu + 95{,}8^\circ) + 0{,}33^\circ \sin(2\mu + 70{,}5^\circ) + 0{,}18^\circ \sin(3\mu + 86{,}8^\circ)$			
Janvier 1869 . .	$t = -8{,}77 + 1{,}02 \sin(\mu + 49{,}9) + 0{,}66 \sin(2\mu + 59{,}2) + 0{,}19 \sin(3\mu + 23{,}8)$			
Février	$t = -4{,}04 + 1{,}10 \sin(\mu + 67{,}5) + 0{,}72 \sin(2\mu + 65{,}6) + 0{,}17 \sin(3\mu + 33{,}6)$			
Mars	$t = -10{,}40 + 2{,}48 \sin(\mu + 66{,}4) + 0{,}87 \sin(2\mu + 84{,}8) + 0{,}11 \sin(3\mu + 326{,}3)$			
Avril	$t = -1{,}54 + 2{,}82 \sin(\mu + 67{,}8) + 0{,}70 \sin(2\mu + 83{,}0) + 0{,}27 \sin(3\mu + 216{,}2)$			
Mai.	$t = +2{,}77 + 1{,}79 \sin(\mu + 57{,}1) + 0{,}44 \sin(2\mu + 78{,}2) + 0{,}21 \sin(3\mu + 268{,}6)$			
Juin	$t = +2{,}07 + 2{,}32 \sin(\mu + 64{,}5) + 0{,}67 \sin(2\mu + 109{,}3) + 0{,}25 \sin(3\mu + 252{,}6)$			
Juillet	$t = +9{,}44 + 2{,}68 \sin(\mu + 63{,}6) + 0{,}65 \sin(2\mu + 109{,}8) + 0{,}39 \sin(3\mu + 268{,}5)$			
Août	$t = +5{,}84 + 1{,}95 \sin(\mu + 63{,}3) + 0{,}58 \sin(2\mu + 102{,}0) + 0{,}25 \sin(3\mu + 275{,}3)$			
Septembre . . .	$t = +5{,}00 + 2{,}14 \sin(\mu + 63{,}1) + 0{,}50 \sin(2\mu + 96{,}1) + 0{,}10 \sin(3\mu + 286{,}7)$			
Octobre	$t = -2{,}59 + 1{,}53 \sin(\mu + 51{,}7) + 0{,}48 \sin(2\mu + 84{,}1) + 0{,}06 \sin(3\mu + 297{,}8)$			
Novembre . . .	$t = -4{,}20 + 0{,}51 \sin(\mu + 66{,}9) + 0{,}46 \sin(2\mu + 81{,}3) + 0{,}30 \sin(3\mu + 53{,}1)$			
Hiver.	$t = -5{,}76 + 0{,}92 \sin(\mu + 69{,}2) + 0{,}57 \sin(2\mu + 63{,}6) + 0{,}17 \sin(3\mu + 49{,}0)$			
Printemps . . .	$t = -3{,}07 + 2{,}35 \sin(\mu + 64{,}2) + 0{,}69 \sin(2\mu + 84{,}2) + 0{,}20 \sin(3\mu + 269{,}5)$			
Été.	$t = +5{,}82 + 2{,}32 \sin(\mu + 63{,}4) + 0{,}65 \sin(2\mu + 108{,}7) + 0{,}31 \sin(3\mu + 269{,}4)$			
Automne	$t = -0{,}62 + 1{,}40 \sin(\mu + 59{,}5) + 0{,}59 \sin(2\mu + 87{,}5) + 0{,}09 \sin(3\mu + 21{,}6)$			
Année	$t = -0{,}88 + 1{,}75 \sin(\mu + 63{,}6) + 0{,}59 \sin(2\mu + 72{,}6) + 0{,}10 \sin(3\mu + 297{,}8)$			

Si l'on compare la température de chaque mois, des saisons et de l'année entière, avec les valeurs moyennes déduites pour Genève des 40 années 1826-65, et pour le Saint-Bernard des 27 années 1841-67, on trouve les écarts suivants :

Digitized by Google

	ÉCARTS.		
	Température. Genève.	Température. Saint-Bernard.	Décroissement entre les deux stations.
	°	°	°
Décembre 1868.	+6,14	+3,29	+2,85
Janvier 1869 ...	+1,19	+0,27	+0,92
Février.....	+4,03	+4,57	—0,54
Mars.....	—2,15	—3,08	+0,93
Avril.....	+1,52	+1,73	—0,21
Mai.....	+1,64	+2,26	—0,62
Juin.....	—1,88	—2,02	+0,14
Juillet.....	+2,17	+3,28	—1,11
Août.....	—0,24	—0,14	+0,10
Septembre.....	+1,18	+1,68	—0,50
Octobre	—1,72	—2,11	+0,39
Novembre	+0,38	+1,10	—0,72
Hiver	+3,78	+2,64	+1,14
Printemps	+0,32	+0,29	+0,03
Été	+0,04	+0,40	—0,36
Automne	—0,07	+0,20	—0,27
Année.....	+1,01	+0,88	+0,13

On trouve ainsi à Genève des anomalies prononcées, et dépassant notablement les limites de l'écart probable, dans les mois de décembre 1868, janvier, mars, avril, mai, juin, juillet et octobre. La température du mois de décembre a été tout à fait exceptionnelle, et elle dépasse considérablement celle qui avait été observée depuis l'année 1826, le mois de décembre le plus chaud dans toute la série étant celui de l'année 1833, avec 5°,81, par conséquent de 1°,17 au-dessous de celui de 1868. Le mois de février présente également un excédant considérable, et qui n'avait été dépassé qu'en 1833, 1866 et 1867. Le mois de mars, au contraire, ayant été notablement plus froid que de coutume, il en résulte que dans l'année 1869, le mois de février a été de près de 3° plus chaud que celui de mars, tandis qu'il est ordinairement plus froid de plus de 3°. Par suite des anomalies prononcées, et en sens inverse, dans deux mois consécutifs, on ne trouve de mai à juin qu'un accroissement de 0°,16, au lieu de l'accroissement moyen 3°,68; par contre de juin

Digitized by Google

à juillet l'accroissement a été de 5°,88, au lieu de 1°,83. L'hiver de 1869 a été remarquablement doux; depuis l'année 1826 on ne rencontre que celui de l'année 1834 qui ait été plus chaud; c'est à la température exceptionnelle de l'hiver qu'est due l'élévation de celle de l'année entière, car les autres saisons ne présentent que des écarts insignifiants; les années 1828, 1834, 1846 et 1862 sont les seules dont la température ait dépassé celle de 1869.

Les résultats principaux que l'on peut déduire de la température moyenne des 24 heures pour chaque jour de l'année, au point de vue des anomalies et de la variabilité de température, sont donnés dans les tableaux suivants sous la même forme que dans les résumés antérieurs. J'ai relevé également la température moyenne de cinq jours en cinq jours, du 1er janvier au 31 décembre 1869, en inscrivant dans la colonne suivante l'écart, soit la différence avec le chiffre calculé par la formule déduite des 40 années 1826-65; lorsque cet écart dépasse les limites de l'écart probable, et constitue ainsi une anomalie, il est mis entre parenthèses. Sur les 73 périodes de cette année civile, il s'en trouve 46 pour lesquelles l'écart est positif, et 27 pour lesquelles il est négatif. Sur les 46 écarts positifs, 28 dépassent les limites de l'écart probable, l'écart maximum positif +7°,06 tombe sur la période du 10 au 14 février. Sur les 27 écarts négatifs, 17 dépassent les limites de l'écart probable, l'écart maximum négatif — 8°,28 tombe sur la période du 28 octobre au 1er novembre. La période des cinq jours consécutifs les plus froids de l'année civile est comprise du 27 au 31 décembre, avec une température moyenne de —7°,54, et celle des cinq jours consécutifs les plus chauds est comprise du 10 au 14 juillet, avec une température moyenne de +23°,09.

Digitized by Google

GENÈVE 1869.

ÉPOQUE	NOMBRE DE JOURS								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	très-froids	froids		tempérés		chauds		très-chauds		
	-10° à -5°	-5° à 0°	0° à +5°	+5° à +10°	+10° à +15°	+15° à +20°	+20° à +25°	+25° à +30°		
Déc. 1868 .	—	—	9	15	7	—	—	—	+0°,69 le 1	+13°,22 le 7
Janv. 1869.	4	9	13	5	—	—	—	—	- 7,93 le 23	+ 6,85 le 8
Février. . .	—	—	12	13	3	—	—	—	+ 0,03 le 8	+11,87 le 12
Mars. . . .	—	5	24	2	—	—	—	—	- 2,16 le 8	+ 6,96 le 19
Avril. . . .	—	—	2	12	15	1	—	—	+ 3,74 le 4	+15,08 le 29
Mai	—	—	—	—	16	15	—	—	+11,95 le 20	+17,22 le 28
Juin	—	—	—	1	15	12	2	—	+ 9,85 le 1	+21,15 le 13
Juillet . . .	—	—	—	—	3	5	22	1	+11,90 le 1	+25,20 le 13
Août	—	—	—	—	5	21	5	—	+13,51 le 11	+23,39 le 5
Septembre.	—	—	—	—	11	19	—	—	+11,18 le 23	+18,39 le 15
Octobre . .	—	3	5	8	13	2	—	—	- 2,34 le 28	+15,36 le 1
Novembre .	—	—	14	14	2	—	—	—	+ 0,04 le 1	+10,26 le 28
Année . . .	4	17	79	70	90	75	29	1	- 7,93 le 23 janvier	+25,20 le 13 juillet

Digitized by Google

GENÈVE 1869.

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes négatifs	Écarts extrêmes positifs	Écarts moy. entre 2 jours consécut.	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs négatifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs positifs
Déc. . 1868	1	30	1	± 7°,30	− 1°,63 le 1	+12°,20 le 29	± 3°,39	− 7°,65 le 29	+ 6°,48 le 20
Janvier 1869	13	18	4	4,38	− 7,65 le 23	+ 7,37 le 8	2,37	− 5,39 le 22	+ 5,34 le 15
Février . . .	3	25	4	5,12	− 0,68 le 8	+10,83 le 1	2,84	− 6,49 le 1	+ 6,72 le 8
Mars	27	4	3	3,15	− 6,50 le 28	+ 2,67 le 2	2,12	− 5,29 le 2	+ 3,81 le 5
Avril	11	19	3	3,46	− 3,43 le 4	+ 6,41 le 11	1,66	− 4,74 le 15	+ 2,43 le 8
Mai.	5	26	5	2,65	− 2,87 le 31	+ 4,86 le 4	1,73	− 2,77 le 19	+ 3,14 le 12
Juin	21	9	6	3,86	− 7,26 le 21	+ 4,51 le 13	2,42	− 5,58 le 29	+ 6,70 le 12
Juillet . . .	4	27	1	3,73	− 6,27 le 1	+ 6,50 le 13	1,63	− 3,36 le 13	+ 4,24 le 3
Août	18	13	8	2,63	− 4,67 le 11	+ 5,35 le 29	2,33	− 6,00 le 1	+ 4,46 le 4
Septembre .	10	20	7	2,45	− 2,44 le 3	+ 5,26 le 30	1,95	− 3,81 le 20	+ 4,86 le 17
Octobre . . .	18	13	5	4,26	−10,09 le 28	+ 4,30 le 9	2,02	− 3,48 le 17	+ 3,94 le 8
Novembre .	12	18	7	3,31	− 7,02 le 1	+ 7,52 le 28	3,13	− 6,71 le 30	+ 5,67 le 3
Année . . .	143	222	54	± 4,00	−10,09 le 28 octobre.	+12,20 le 29 décemb. 1868	± 2,32	− 7,65 le 29 décemb. 1868	+ 6,72 le 8 février 1869.

Digitized by Google

SAINT-BERNARD 1869

ÉPOQUE	Nombre de jours dont la température est comprise entre										Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	-30° et -25	-25° et -20	-20° et -15	-15° et -10	-10° et -5	-5° et 0	0° et +5	+5° et +10	+10° et +15	+15° et +20		
Décembre 1868	—	—	—	—	14	13	4	—	—	—	-9°,99 le 26	+3°,48 le 7
Janvier 1869 . .	—	—	4	8	13	6	—	—	—	—	-17,88 le 23	-2,41 le 6
Février	—	—	—	1	13	9	5	—	—	—	-11,03 le 28	+1,96 le 6
Mars	—	—	2	17	11	1	—	—	—	—	-17,93 le 4	-4,82 le 25
Avril	—	—	—	—	8	9	13	—	—	—	-9,20 le 4	+3,80 le 30
Mai	—	—	—	—	—	1	28	2	—	—	-0,35 le 31	+6,09 le 5
Juin	—	—	—	—	—	11	10	9	—	—	-4,29 le 1	+7,45 le 7
Juillet	—	—	—	—	—	1	3	10	17	—	-0,29 le 1	+13,79 le 13
Août	—	—	—	—	—	1	11	14	5	—	-2,07 le 11	+11,47 le 5
Septembre . . .	—	—	—	—	—	2	13	14	1	—	-3,75 le 22	+10,08 le 15
Octobre.	—	—	2	3	6	5	13	2	—	—	-15,75 le 30	+7,50 le 8
Novembre . . .	—	—	—	3	8	15	4	—	—	—	-13,59 le 11	+3,24 le 16
Année	—	—	8	32	73	74	104	51	23	—	-17,93 le 4 mars.	+13,79 le 13 juillet.

Digitized by Google

SAINT-BERNARD 1869

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes négatifs	Écarts extrêmes positifs	Écarts moy. entre 2 jours consécut.	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs négatifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs positifs
Déc. 1868 . .	4	27	7	± 4°,74	- 1°,62 le 26	+10°,69 le 7	± 3°,43	- 7°,33 le 22	+ 6°,90 le 20
Janvier 1869	13	18	7	4,21	- 8,81 le 23	+ 6,36 le 6	2,85	- 7,86 le 10	+ 4,87 le 11
Février . . .	1	27	1	5,91	- 2,74 le 28	+10,98 le 6	3,09	- 8,91 le 27	+ 4,48 le 4
Mars	28	3	4	4,28	- 9,88 le 4	+ 1,44 le 25	2,30	- 6,73 le 2	+ 5,42 le 4
Avril	10	20	3	4,48	- 3,84 le 18	+ 7,59 le 13	2,35	- 4,21 le 16	+ 5,85 le 5
Mai *	3	27	3	2,99	- 2,90 le 31	+ 6,95 le 5	2,16	- 5,43 le 5	+ 2,40 le 4
Juin	19	11	6	4,28	- 7,88 le 15	+ 4,11 le 7	2,50	- 8,34 le 14	+ 4,24 le 11
Juillet . . .	5	26	3	4,88	- 5,69 le 1	+ 7,76 le 13	2,07	- 6,85 le 13	+ 3,05 le 15
Août	15	16	10	3,71	- 8,32 le 11	+ 5,53 le 26	3,53	- 7,57 le 1	+ 8,74 le 3
Septembre .	9	21	9	3,47	- 6,51 le 22	+ 7,33 le 25	3,00	- 5,97 le 15	+ 5,65 le 24
Octobre. . .	16	15	3	5,94	-13,14 le 28	+ 7,03 le 8	2,86	- 9,29 le 26	+ 8,34 le 31
Novembre .	11	19	13	4,29	- 9,08 le 11	+ 8,38 le 16	5,08	-11,87 le 30	+10,75 le 12
Année . . .	134	230	69	± 4,43	-13,14 le 28 octobre.	+10,98 le 6 février.	± 2,99	-11,87 le 30 novembre.	+10,75 le 12 novembre.

* Le 30 l'écart est 0.

Digitized by Google

1869. Température de 5 en 5 jours.

Date	Température moy.	Différence avec la formule	Date	Température moy.	Différence avec la formule
	°	°		°	°
1– 5 Janvier	+ 3,12	(+3,54)	30– 4 Juillet	+13,60	(–4,63)
6–10 id.	+ 5,29	(+5,81)	5– 9 id.	+20,58	(+2,10)
11–15 id.	+ 0,20	+0,72	10–14 id.	+23,09	(+4,42)
16–20 id.	+ 1,07	+1,51	15–19 id.	+20,80	(+2,02)
21–25 id.	– 5,35	(–5,07)	20–24 id.	+22,74	(+3,93)
26–30 id.	– 0,05	–0,01	25–29 id.	+20,96	(+2,19)
31– 4 Février	+ 5,60	(+5,33)	30– 3 Août	+20,55	(+1,90)
5– 9 id.	+ 2,30	+1,67	4– 8 id.	+19,68	+1,23
10–14 id.	+ 8,12	(+7,06)	9–13 id.	+15,72	(–2,46)
15–19 id.	+ 5,00	(+3,47)	14–18 id.	+16,04	(–1,81)
20–24 id.	+ 5,12	(+3,07)	19–23 id.	+16,28	–1,17
25– 1 Mars	+ 4,72	(+2,12)	24–28 id.	+18,34	+1,35
2– 6 id.	+ 1,15	(–2,03)	29– 2 Septemb.	+18,30	(+1,82)
7–11 id.	+ 0,63	(–3,15)	3– 7 id.	+15,36	–0,56
12–16 id.	+ 1,53	(–2,87)	8–12 id.	+16,32	+1,02
17–21 id.	+ 4,36	–0,68	13–17 id.	+16,21	(+1,60)
22–26 id.	+ 3,69	(–2,00)	18–22 id.	+15,38	+1,43
27–31 id.	+ 2,51	(–3,85)	23–27 id.	+14,08	+0,87
1– 5 Avril	+ 5,07	(–1,96)	28– 2 Octobre	+15,80	(+3,33)
6–10 id.	+10,26	(+2,55)	3– 7 id.	+11,92	+0,27
11–15 id.	+14,22	(+5,81)	8–12 id.	+13,02	(+2,19)
16–20 id.	+ 7,72	–1,38	13–17 id.	+11,31	+1,33
21–25 id.	+10,79	+0,98	18–22 id.	+ 6,10	(–3,03)
26–30 id.	+14,03	(+3,51)	23–27 id.	+ 3,58	(–4,69)
1– 5 Mai	+15,10	(+3,86)	28– 1 Novemb.	– 0,88	(–8,28)
6–10 id.	+14,36	(+2,41)	2– 6 id.	+ 6,69	+0,15
11–15 id.	+15,07	(+2,41)	7–11 id.	+ 5,07	–0,62
16–20 id.	+14,85	+1,48	12–16 id.	+ 4,93	+0,07
21–25 id.	+14,10	+0,05	17–21 id.	+ 5,60	+1,54
26–30 id.	+15,45	+0,73	22–26 id.	+ 1,53	–1,78
31– 4 Juin	+12,29	(+3,07)	27– 1 Décemb.	+ 6,24	(+3,65)
5– 9 id.	+18,34	(+2,38)	2– 6 id.	– 1,45	(–3,39)
10–14 id.	+16,37	–0,16	7–11 id.	+ 0,76	–0,59
15–19 id.	+11,90	(–5,14)	12–16 id.	+ 4,28	(+3,45)
20–24 id.	+12,42	(–5,08)	17–21 id.	+ 6,33	(+5,94)
25–29 id.	+17,73	–0,17	22–26 id.	+ 0,66	+0,63
			27–31 id.	– 7,54	(–7,30)

Digitized by Google

GENÈVE, 1869. — INDICATIONS DES THERMOMÉTROGRAPHES.

	Minimum absolu	Date.	Maximum absolu.	Date	Nombre de jours Min.mum au-dessous de 0°.	Nombre de jours Maximum au-dessous de 0°.
	°		°			
Décembre 1868	— 1,9	le 1	+17,6	le 7 et 22	4	0
Janvier 1869 ..	—12,0	le 26	+13,0	le 8	21	4
Février.....	— 3,6	le 8	+18,0	le 12	6	0
Mars.....	— 4,9	le 29	+12,0	le 19	16	0
Avril.....	— 2,1	le 2	+22,1	le 14	3	0
Mai	+ 5,7	le 3	+23,7	le 27	0	0
Juin	+ 5,2	le 3	+29,7	le 8	0	0
Juillet.....	+ 6,8	le 2	+33,8	le 21	0	0
Août.....	+ 5,0	le 12	+31,7	le 5	0	0
Septembre....	+ 5,0	le 25	+27,1	le 15	0	0
Octobre	— 6,6	le 28	+21,3	le 9	7	0
Novembre	— 5,7	le 1	+16,0	le 15	12	0
Année.....	—12,0	le 26 janv.	+33,8	le 21 juillet	69	4

Le minimum s'est abaissé le 6 avril pour la dernière fois au-dessous de 0°, au printemps; cette date est de 15 jours environ plus hâtive que de coutume, la dernière gelée blanche a eu lieu le 22 avril. C'est le 24 octobre, cinq jours plus tôt que de coutume, que le minimum s'est abaissé la première fois au-dessous de 0, en automne; cinq jours auparavant, le 19 octobre, il y avait déjà eu une gelée blanche.

Au Saint-Bernard, où l'absence de thermométrographes ne permet pas d'observer le maximum et le minimum absolus, mais seulement la plus haute et la plus basse des températures accusées par le thermomètre de 6 h. du matin à 10 h. du soir, on trouve dans chaque mois de cette année des températures au-dessous de 0°, de même aussi dans chaque mois des températures au-dessus de 0°. Le petit lac près de l'hospice a été entièrement débarrassé de la glace de l'hiver le 22 juin, près d'un mois plus tôt que de coutume; la congélation a eu lieu le 23 octobre, c'est-à-dire à peu près à l'époque moyenne.

Digitized by Google

SAINT-BERNARD 1869.

	Minimum.	Date.	Maximum.	Date.
Déc. 1868	—11°,5	le 26 à 8 h. soir.	+ 5°,0	le 7 à midi.
Janv. 1869	—19,6	le 23 à 8 h. mat.	+ 0,9	le 10 à 2 h. soir.
Février . .	—15,0	le 28 à 10 h. soir.	+ 5,4	le 6 à 2 h. soir.
Mars . . .	—20,0	le 4 à 10 h. soir.	+ 2,0	le 25 à midi.
Avril . . .	—13,3	le 1 à 6 h. mat.	+ 9,4	le 13 à 4 h. soir.
Mai. . . .	— 2,8	le 31 à 10 h. soir.	+10,8	le 5 à 4 h. soir.
Juin . . .	— 6,0	le 2 à 6 h. mat.	+11,4	le 12 à 2 h. soir.
Juillet . .	— 1,4	le 2 à 6 h. mat.	+17,3	le 30 à midi.
Août . . .	— 3,8	le 12 à 6 h. mat.	+15,7	le 1 à 2 h. soir.
Septembre	— 4,2	le 22 à 8 h. mat. et le 23 à 6 h. mat.	+13,6	le 15 à 4 h. soir.
Octobre. .	—17,4	le 30 à 8 h. mat.	+ 9,4	le 8 à midi.
Novembre	—14,9	le 12 à 6 h. mat.	+ 5,2	le 16 à 10 h. mat.
Année . .	—20,0	le 4 à 10 h. soir. mars.	+17,3	le 30 à midi. juillet.

Digitized by Google

Température du Rhône en 1869.

ÉPOQUE.	Moyenne.	Excédant sur la moyenne 1853–1867	Minimum.	Maximum.	Différence entre la température de l'eau et celle de l'air.
	°	°	°	°	°
Décembre 1868 . .	+ 7,97	+1,17	+ 6,8 le 30	+ 8,7 le 7 et 8	+0,99
Janvier 1869 . . .	+ 6,02	+0,94	+ 3,8 le 25	+ 7,0 le 2 et 11	+5,12
Février	+ 6,07	+1,15	+ 5,7 le 9	+ 6,6 le 27	+0,72
Mars	+ 5,81	—0,26	+ 4,8 le 5	+ 6,6 le 20	+3,43
Avril	+ 9,48	+0,70	+ 6,3 le 5	+12,6 le 14 et 15	—0,87
Mai	+11,73	+0,40	+ 7,8 le 10	+14,1 le 31	—3,01
Juin	+14,66	—0,36	+ 8,1 le 26	+19,2 le 28	—0,24
Juillet	+20,14	+2,58	+16,5 le 2 et 3	+22,6 le 13	—0,64
Août	+18,26	—0,33	+ 9,0 le 11	+21,8 le 7	+0,61
Septembre.	+16,40	—0,60	+10,0 le 14	+18,8 le 1, 2, 8, 9 et 10	+0,85
Octobre	+14,28	+0,03	+ 7,8 le 30	+17,7 le 1	+6,07
Novembre	+ 8,74	—1,06	+ 7,9 le 8, 9, 10, 11, 22 et 23	+10,3 le 5	+3,77
Année.	+11,70	+0,40	+ 3,8 le 25 janvier.	+22,6 le 13 juillet	+1,44

Digitized by Google

Température du Rhône en 1869.

ÉPOQUE	Écarts moyens d'un jour	Écarts extrêmes négatifs	Écarts extrêmes positifs	Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs négatifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs positifs
	°	°	°	°	°	°
Décembre 1868*	±1,31	0,0 le 1	+2,0 le 23	±0,19	—0,4 le 24	+0,3 le 4, 6, 16 et 22
Janvier 1869 .	1,32	—0,9 le 25	+1,9 les 11, 12, 16	0,31	—0,9 le 23	+0,6 le 27
Février.* . . .	1,18	+0,8 le 26	+1,5 le 13	0,18	—0,3 le 14	+0,5 le 26
Mars	0,69	—1,4 le 24	+0,9 le 1	0,35	—0,7 le 3	+0,9 le 5
Avril	1,97	—1,3 le 5	+4,2 les 14 et 15	0,99	—3,6 le 16	+1,7 le 23 et 30
Mai	1,78	—3,1 le 10	+3,8 le 1	1,15	—3,1 le 7	+2,7 le 20
Juin	2,92	—6,8 le 16	+3,7 les 10 et 11	1,54	—4,7 le 14	+3,0 le 17
Juillet	3,04	—0,1 le 3	+5,2 le 13	0,79	—1,5 le 29	+1,6 le 30
Août.	3,15	—9,6 le 11	+3,3 le 7	2,35	—11,5 le 9	+4,1 le 11
Septembre . .	2,47	—7,4 le 14	+1,6 le 30	1,32	—4,1 le 13	+2,7 le 14
Octobre	1,49	—4,4 le 30	+2,0 les 12 et 13	0,90	—3,8 le 29	+1,1 les 30 et 31
Novembre**. .	1,62	—3,1 le 8	—0,1 le 30	0,35	—0,8 les 6 et 7	+0,8 le 11

* Pendant tout ce mois, l'écart n'a pas été au-dessous de 0.
** » » » » au-dessus de 0.

Digitized by Google

GENÈVE 1869. — Pression atmosphérique.

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1868	725,64	+0,21	-0,47	-0,34	-0,19	+0,10	+0,19	+0,06	-0,19	-0,30	-0,13	+0,30	+0,80
Janvier 1869 .	731,73	+0,30	-0,28	-0,26	-0,02	+0,15	+0.05	-0,15	-0,26	-0,33	-0,13	+0,29	+0,70
Février	731,64	+0,12	-0,60	-0,59	-0,13	+0,21	+0,47	+0,22	-0,13	-0,28	+0,01	+0,30	+0,41
Mars	717,50	+0,10	-0,23	-0,22	+0,02	+0,36	+0,35	-0,04	-0,30	-0,25	+0,02	+0,12	+0,16
Avril	726,68	+0,04	-0,43	-0,74	-0,60	-0,10	+0,18	+0,12	-0,08	+0,02	+0,40	+0,64	+0,56
Mai	723,33	+0,02	-0,40	-0,78	-0,54	0,15	+0,30	+0,27	+0,07	+0,09	+0,33	+0,47	+0,34
Juin	727,76	+0,14	-0,31	-0,60	-0,71	-0,40	+0,09	+0,22	+0,08	+0,10	+0,36	+0,55	+0,46
Juillet	728,43	+0,01	-0,45	-0,75	-0,71	0,23	+0,29	+0,30	+0,07	+0,07	+0,37	+0,59	+0,44
Août.	729,11	+0,13	-0,32	-0,56	-0,57	0,09	+0,20	+0,11	-0,12	-0,08	+0,30	+0,51	+0,52
Septembre . .	728,00	+0,30	-0,32	-0,76	-0,67	-0,07	+0,26	+0,11	-0,22	-0,17	+0,29	+0,58	+0,66
Octobre	728,85	+0,11	-0,39	-0,56	-0,10	+0,24	+0,49	+0,12	-0,34	-0,46	-0,08	+0,42	+0,55
Novembre . . .	727,81	+0,06	-0,38	-0,44	-0,20	0,00	-0,04	-0,18	-0,31	-0,18	+0,33	+0,67	+0,69
Hiver	729,60	+0,21	-0,45	-0,39	-0,11	+0,15	+0,23	+0,04	-0,19	-0,30	-0,09	+0,30	+0,65
Printemps. . .	722,46	+0,05	-0,35	-0,58	-0,37	+0,04	+0,27	+0,12	-0,10	-0,05	+0,25	+0,41	+0,35
Été	728.44	+0,09	-0,36	-0,64	0,66	0,24	+0,20	+0,21	+0,01	+0,03	+0,34	+0,55	+0,47
Automne . . .	728,23	+0,16	-0,37	-0,58	-0,32	+0,06	+0,24	+0,02	-0,29	-0,27	+0,18	+0,56	+0,63
Année.	727,17	+0,13	-0,38	-0,55	-0,36	0,00	+0,24	+0,10	-0,14	-0,15	+0,17	+0,45	+0,52

Digitized by Google

Formules de la variation diurne du baromètre à Genève, pendant l'année 1869.

	mm	mm o	mm o	mm o
Décembre 1868.	B = 725,64	+0,15 sin (μ +144,4)	+0,42 sin (2 μ +159,5)	+0,14 sin (3 μ +180,0)
Janvier 1869 . .	B = 731,73	+0,21 sin (μ +112,8)	+0,35 sin (2 μ +166,9)	+0,13 sin (3 μ +161,6)
Février	B = 731,64	+0,16 sin (μ +223,7)	+0,46 sin (2 μ +164,7)	+0,04 sin (3 μ +164,1)
Mars.	B = 717,50	+0,06 sin (μ + 0,0)	+0,27 sin (2 μ +178,9)	+0,06 sin (3 μ + 54,3)
Avril	B = 726,68	+0,45 sin (μ +181,3)	+0,37 sin (2 μ +164,5)	+0,05 sin (3 μ +347,5)
Mai.	B = 723,33	+0,42 sin (μ +197,2)	+0,32 sin (2 μ +154,2)	+0,06 sin (3 μ +357,1)
Juin	B = 727,76	+0,48 sin (μ +179,6)	+0,27 sin (2 μ +141,0)	+0,08 sin (3 μ +320,2)
Juillet	B = 728,43	+0,49 sin (μ +191,9)	+0,35 sin (2 μ +152,4)	+0,08 sin (3 μ +325,7)
Août	B = 729,11	+0,35 sin (μ +174,6)	+0,35 sin (2 μ +158,4)	+0,06 sin (3 μ +340,7)
Septembre. . .	B = 728,00	+0,39 sin (μ +168,1)	+0,47 sin (2 μ +155,1)	+0,07 sin (3 μ + 8,1)
Octobre.	B = 728,85	+0,05 sin (μ +172,5)	+0,51 sin (2 μ +166,5)	+0,02 sin (3 μ +225,0)
Novembre . . .	B = 727,81	+0,33 sin (μ +149,2)	+0,39 sin (2 μ +186,7)	+0,06 sin (3 μ +217,9)
Hiver.	B = 729,60	+0,11 sin (μ +147,7)	+0,40 sin (2 μ +163,3)	+0,11 sin (3 μ +170,2)
Printemps . . .	B = 722,46	+0,26 sin (μ +190,7)	+0,32 sin (2 μ +166,0)	+0,05 sin (3 μ + 18,2)
Été	B = 728,44	+0,43 sin (μ +183,1)	+0,32 sin (2 μ +150,7)	+0,07 sin (3 μ +326,6)
Automne	B = 728,23	+0,24 sin (μ +159,7)	+0,44 sin (2 μ +168,1)	+0,01 sin (3 μ +298,4)
Année	B = 727,17	+0,26 sin (μ +176,1)	+0,37 sin (2 μ +162,9)	+0,00 sin (3 μ +316,5)

Digitized by Google

SAINT-BERNARD 1869

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1868.	562,55	+0,22	+0,05	-0,01	+0,03	+0,01	+0,07	+0,08	-0,10	-0,34	-0,27	-0,04	+0,33
Janvier 1869 . .	564,17	+0,17	-0,06	+0,03	+0,06	+0,23	+0,25	+0,08	-0,27	-0,53	-0,34	+0,04	+0,37
Février	566,58	+0,16	-0,15	-0,17	-0,04	+0,12	+0,14	-0,05	-0,28	-0,31	-0,04	+0,24	+0,36
Mars	551.60	+0,12	-0,02	-0,09	+0,09	+0,30	+0,39	+0,19	-0,23	-0,47	-0,31	-0,06	+0,08
Avril	563,82	+0,10	+0,04	+0,06	+0,33	+0,40	+0,39	+0,15	-0,20	-0,47	-0,48	-0,29	-0,05
Mai.	563,67	+0,13	+0,10	+0,12	+0,07	+0,16	+0,24	+0,02	-0,28	-0,38	-0,21	-0,04	+0,07
Juin	566,04	+0,10	+0,14	+0,18	+0,19	+0,28	+0,36	+0,13	-0,30	-0,52	-0,35	-0,18	-0,03
Juillet	570,60	+0,08	+0,01	+0,02	+0,12	+0,29	+0,44	+0,26	-0,24	-0,57	-0,38	-0,11	+0,09
Août	569,04	+0,12	+0,15	+0,15	+0,09	+0,22	+0,28	+0,02	-0,33	-0,47	-0,31	-0,06	+0,14
Septembre . . .	568,63	+0,20	+0,08	+0,03	+0,04	+0,27	+0,31	+0,14	-0,31	-0,59	-0,38	+0,03	+0,18
Octobre.	564,94	+0,02	-0,11	-0,13	+0,01	+0,22	+0,38	+0,25	-0,12	-0,36	-0,22	-0,05	+0,11
Novembre . . .	562,57	+0,20	-0,06	0,00	+0,10	+0,17	+0,16	-0,08	-0,45	-0,55	-0,16	+0,27	+0,35
Hiver	564,36	+0,19	-0,05	-0,05	+0,02	+0,12	+0,15	+0,04	-0,21	-0,39	-0,22	+0,07	+0,36
Printemps . . .	559,65	+0,12	+0,04	+0,03	+0,17	+0,29	+0,34	+0,12	-0,24	-0,44	-0,33	-0,13	+0,04
Été	568,59	+0,10	+0,09	+0,12	+0,12	+0,26	+0,36	+0,13	-0,29	-0,52	-0,35	-0,12	+0,06
Automne	565,38	+0,14	-0,03	-0,03	+0,05	+0,22	+0,28	+0,10	-0,29	-0,50	-0,25	+0,08	+0,21
Année	564,49	+0,14	+0,02	+0,02	+0,09	+0,22	+0,28	+0,10	-0,26	-0,46	-0,29	-0,02	+0,17
Si l'on prend la différence entre la pression atmosphérique observée à Genève et au Saint-Bernard, on trouve pour le poids de la couche d'air comprise entre les deux stations :													
Hiver.	165,24	+0,02	-0,40	-0,34	-0,13	+0,03	+0,08	0,00	+0,02	+0,09	+0,13	+0,23	+0,29
Printemps . . .	162,81	-0,07	-0,39	-0,61	-0,54	-0,25	-0,07	0,00	+0,14	+0,39	+0,58	+0,54	+0,31
Été	159,85	-0,01	-0,45	-0,76	-0,78	-0,50	-0,16	+0,08	+0,30	+0,55	+0,69	+0,67	+0,41
Automne	162,85	+0.02	-0,34	-0,55	-0,37	-0,16	-0,04	-0,08	0,00	+0,23	+0,43	+0,48	+0,42
Année	162,68	-0,01	-0,40	-0,57	-0,45	-0,22	-0,04	0,00	+0,12	+0,31	+0,46	+0,47	+0,35

Digitized by Google

Formules de la variation diurne du baromètre au Saint-Bernard, pendant l'année 1869

Décembre 1868.	B = 562,55 mm	+0,14 mm sin (μ + 45,0°)	+0,19 mm sin (2 μ +127,5°)	+0,07 mm sin (3 μ +201,0°)
Janvier 1869 . .	B = 564,17	+0,21 sin (μ + 27,8)	+0,28 sin (2 μ +152,5)	+0,07 sin (3 μ +219,3)
Février	B = 566,58	+0,11 sin (μ + 93,2)	+0,27 sin (2 μ +169,1)	+0,01 sin (3 μ +213,7)
Mars	B = 551,60	+0,24 sin (μ +352,7)	+0,26 sin (2 μ +147,5)	+0,03 sin (3 μ +306,9)
Avril	B = 563,82	+0,37 sin (μ +352,3)	+0,19 sin (2 μ +143,9)	+0,02 sin (3 μ +153,4)
Mai.	B = 563,67	+0,21 sin (μ + 21,0)	+0,14 sin (2 μ +150,8)	+0,05 sin (3 μ +328,1)
Juin	B = 566,04	+0,33 sin (μ + 3,5)	+0,17 sin (2 μ +143,1)	+0,07 sin (3 μ +316,7)
Juillet	B = 570,60	+0,28 sin (μ +353,9)	+0,27 sin (2 μ +144,0)	+0,07 sin (3 μ +282,1)
Août	B = 569,04	+0,26 sin (μ + 21,3)	+0,18 sin (2 μ +150,4)	+0,05 sin (3 μ +319,9)
Septembre . . .	B = 568,63	+0,25 sin (μ + 17,8)	+0,28 sin (2 μ +144,7)	+0,06 sin (3 μ +279,5)
Octobre	B = 564,94	+0,16 sin (μ +330,3)	+0,24 sin (2 μ +147,0)	+0,04 sin (3 μ +284,0)
Novembre . . .	B = 562,57	+0,23 sin (μ + 54,8)	+0,29 sin (2 μ +172,0)	+0,07 sin (3 μ +261,9)
Hiver.	B = 564,36	+0,14 sin (μ + 47,4)	+0,23 sin (2 μ +151,3)	+0,05 sin (3 μ +208,5)
Printemps . . .	B = 559,65	+0,26 sin (μ + 0,3)	+0,19 sin (2 μ +148,1)	+0,02 sin (3 μ +320,6)
Été	B = 568,59	+0,28 sin (μ + 6,0)	+0,20 sin (2 μ +145,6)	+0,06 sin (3 μ +304,7)
Automne	B = 565,38	+0,18 sin (μ + 20,0)	+0,26 sin (2 μ +155,7)	+0,05 sin (3 μ +275,8)
Année	B = 564,49	+0,21 sin (μ + 13,5)	+0,22 sin (2 μ +150,5)	+0,03 sin (3 μ +273,1)

Digitized by Google

Si l'on compare la hauteur moyenne du baromètre pour chaque mois avec les valeurs moyennes que j'ai déduites pour Genève des 32 années 1836 à 1867, et pour le Saint-Bernard des 27 années 1841-1867, on trouve les écarts suivants :

	Genève.	Saint-Bernard.	Genève-St-Bernard.
	mm	mm	mm
Décembre 1868	—2,79	+0,23	—3,02
Janvier 1869. .	+4,50	+3,68	+0,82
Février.	+5,18	+6,34	—1,16
Mars.	—7,43	—8,11	+0,68
Avril.	+2,14	+2,19	—0,05
Mai	—1,75	—0,17	—1,58
Juin	+0,63	—1,07	+1,70
Juillet	+0,67	+2,12	—1,45
Août.	+1,46	+0,64	+0,82
Septembre . . .	+0,44	+1,18	—0,74
Octobre	+2,33	+0,34	+1,99
Novembre . . .	+1,83	+0,54	+1,29
Année	+0,56	+0,61	—0,05

Dans les deux stations, la pression atmosphérique a été en moyenne dans l'année plus forte que de coutume. A Genève, les mois de janvier, février, avril, août et octobre présentent un excédant qui dépasse les limites de l'écart probable, tandis que les mois de mars et de mai donnent un écart négatif en dehors de ces limites; au mois de mars, en particulier, la hauteur moyenne du baromètre est la plus faible qui ait été enregistrée depuis l'année 1836. Dans les mois de juin, octobre et novembre, le baromètre a été relativement plus élevé à Genève qu'au Saint-Bernard d'une quantité dépassant un millimètre; l'inverse a eu lieu dans les mois de décembre, février, mai et juillet. Avec les données suivantes pour l'année

Digitized by Google

1869 : 727^{mm},17 et 564^{mm},49 pour la hauteur moyenne du baromètre dans les deux stations; +10°,26 et —0°,88 pour la température moyenne, 0,74 et 0,77 pour la fraction moyenne de saturation, je trouve d'après mes tables hypsométriques 2070^{m},9 pour la différence d'altitude entre les deux stations; le nivellement direct a donné 2070^{m},3.

Les tableaux suivants renferment les données qui permettent d'apprécier la variabilité du baromètre dans les deux stations, soit que l'on considère l'écart entre la hauteur moyenne du baromètre pour chaque jour et la hauteur normale, ou la variation entre deux jours consécutifs, soit que l'on considère enfin les maximas et les minimas absolus observés dans chaque mois.

Digitized by Google

GENÈVE 1869

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes négatifs	Écarts extrêmes positifs	Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs négatifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1868	24	7	6	±4,86	-12,47 le 24	+ 6,74 le 10	±3,37	- 6,89 le 10	+ 7,94 le 25
Janv. 1869	4	27	4	6,04	- 6,95 le 29	+10,55 le 7	2,85	- 5,78 le 31	+ 8,31 le 29
Février	6	22	3	7,67	- 5,59 le 1	+12,43 le 15	4,23	- 6,91 le 27	+ 9,28 le 13
Mars	28	3	4	9,45	-20,57 le 11	+ 5,13 le 5	5,33	-13,28 le 19	+ 7,98 le 17
Avril	8	22	4	5,69	- 9,59 le 17	+10,74 le 12	3,79	- 5,59 le 14	+10,20 le 18
Mai	21	10	9	3,95	- 9,91 le 7	+ 3,42 le 22	3,48	- 5,68 le 5	+10,00 le 21
Juin	14	16	5	3,87	- 5,20 le 14	+ 7,79 le 6	2,73	- 4,65 le 17	+ 7,60 le 14
Juillet	17	14	7	2,92	- 4,32 le 25	+ 6,14 le 10	1,98	- 4,50 le 31	+ 2,57 le 6
Août	7	24	5	2,35	- 5,17 le 10	+ 3,75 le 27	1,89	- 4,46 le 9	+ 4,60 le 2
Septembre	9	21	5	3,93	- 6,51 le 20	+ 9,85 le 23	3,32	- 6,82 le 9	+ 9,40 le 21
Octobre	9	22	4	5,07	- 8,72 le 19	+ 8,61 le 12	2,87	- 4,90 le 18	+ 6,80 le 19
Novembre	11	19	9	7,00	-13,12 le 23	+12,65 le 13	5,37	-14,10 le 29	+ 9,57 le 25
Année	158	207	65	±5,49	-20,57 le 11 mars	+12,65 le 13 novembre	±3,53	-14,10 le 29 novembre	+10,20 le 18 avril

Digitized by Google

SAINT-BERNARD 1869

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes négatifs	Écarts extrêmes positifs	Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs négatifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1868 .	12	19	4	±3,99	– 8,08 le 23	+ 7,92 le 6	±2,64	– 7,35 le 22	+ 4,37 le 25
Janv. 1869 .	9	22	2	5,33	– 5,30 le 23	+10,02 le 7	2,11	– 4,79 le 20	+ 3,72 le 1
Février . .	4	24	5	8,39	– 2,44 le 28	+14,86 le 6	3,94	–10,29 le 27	+ 6,93 le 13
Mars. . . .	30	1	2	9,31	–15,65 le 11	+ 0,54 le 19	3,[illegible]5	–11,22 le 19	+ 6,76 le 17
Avril. . . .	9	21	3	6,45	– 9,88 le 17	+12,15 le 12	3,62	– 7,37 le 16	+ 8,36 le 4
Mai	15	16	11	2,36	– 5,38 le 7	+ 4,65 le 13	2,29	– 4,44 le 14	+ 4,51 le 26
Juin	18	12	8	3,79	– 7,19 le 30	+ 7,91 le 7	2,49	– 4,69 le 8	+ 3,60 le 4
Juillet . . .	7	24	5	3,96	– 4,82 le 1	+ 7,66 le 11	1,85	– 4,54 le 31	+ 2,68 le 29
Août	13	18	7	2,59	– 5,81 le 10	+ 4,20 le 5	2,40	– 4,34 le 9	+ 4,39 le 11
Septembre.	9	21	8	3,48	– 4,70 le 21	+ 6,50 le 24	2,57	– 4,89 le 18	+ 5,62 le 21
Octobre . .	12	19	4	5,23	– 9,71 le 27	+ 8,00 le 12	2,47	– 5,86 le 26	+ 5,47 le 30
Novembre .	16	14	7	5,64	– 9,96 le 22	+ 9,67 le 18	3,86	– 8,16 le 19	+ 6,30 le 11
Année . . .	154	211	66	±5,34	–15,65 le 11 mars	+14,86 le 6 février	±2,87	–11,22 le 11 mars	+ 8,36 le 4 avril

Digitized by Google

GENÈVE 1869.

	Maximum.	Date.	Minimum.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1868.	735,48	le 10	713,39	le 24	22,09
Janv. 1869.	739,28	le 7	719,52	le 29	19,76
Février . .	739,85	le 5	720,41	le 1	19,44
Mars . . .	732,04	le 5	702,44	le 10	29,60
Avril . . .	736,14	le 13	714,15	le 17	21,99
Mai	729,96	le 22	714,27	le 7	15,69
Juin. . . .	735,03	le 7	719,51	le 13	15,52
Juillet. . .	734,70	le 11	722,88	le 1	11,82
Août . . .	732 49	le 24	722.37	le 10	10,12
Septembre.	737,94	le 23	715,02	le 20	22,92
Octobre. .	736,06	le 12	716,76	le 19	19,30
Novembre.	738,53	le 18	712,88	le 23	25,65
Année . . .	739,85	le 5 février.	702,44	le 10 mars.	37,41

SAINT-BERNARD 1869.

	Maximum.	Date.	Minimum.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1868.	570,22	le 6	552,76	le 23	17,46
Janv. 1869.	571,89	le 7	555,15	le 23	16,74
Février . .	576,10	le 5	554,81	le 28	21,29
Mars . . .	561,89	le 19	542,80	le 11	19,09
Avril . . .	574,22	le 12	550,41	le 18	23,81
Mai. . . .	568,96	le 13	557,54	le 7	11,42
Juin. . . .	574,46	le 7	559,99	le 20	14,47
Juillet. . .	576,62	le 10	562,08	le 1	14,54
Août . . .	573,83	le 4	561,47	le 11	12,36
Septembre.	573,25	le 23	557,94	le 21	15,31
Octobre. .	573,39	le 8	553,13	le 27	20,26
Novembre.	573,31	le 18	551,46	le 22	21,85
Année. . .	576,62	le 10 juillet.	542,80	le 11 mars.	33,82

Digitized by Google

GENÈVE 1869. — Tension de la vapeur.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	18 h.	20 h.	22 h.	TENSION moyenne des 24 h	TENSION Minimum absolu	TENSION Maximum absolu
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1868.	6,17	6,03	6,00	6,06	5,95	5,94	5,95	5,86	5,96	5,96	2,74	10,37
Janvier 1869 . .	4,34	4,36	4,33	4,34	4,34	4,13	4,00	3,92	4,14	4,19	1,72	7,28
Février	5,44	5,46	5,37	5,43	5,41	5,44	5,04	5,03	5,37	5,30	3,16	7,72
Mars	4,11	4,12	4,07	3,98	4,09	4,24	4,10	4,15	4,06	4,05	2,46	6,39
Avril	6,10	6,13	5,94	5,94	6,19	6,35	6,12	6,61	6,37	6,15	3,33	10,05
Mai	9,04	9,21	8,84	8,66	8,90	9,03	8,72	9,19	9,20	8,95	4,87	14,04
Juin	8,25	8,32	8,02	8,62	8,75	8,76	8,35	8,71	8,40	8,42	4,63	13,68
Juillet	12,38	11,80	11,50	11,83	12,63	12,84	11,78	12,62	12,31	12,14	7,35	16,84
Août	9,53	9,62	9,68	10,14	10,27	10,18	9,85	10,14	10,04	9,82	5,37	16,16
Septembre . . .	9,70	9,32	9,50	10,24	10,05	9,92	9,00	9,66	9,73	9,52	4,90	13,49
Octobre.	6,55	6,51	6,45	6,71	6,67	6,54	6,37	6,58	6,87	6,46	2,65	11,36
Novembre . . .	5,18	5,23	5,25	5,27	5,21	5,11	4,71	4,78	4,99	5,05	2,71	8,81
Hiver	5,31	5,28	5,23	5,27	5,23	5,16	5,00	4,94	5,15	5,15	1,72	10,37
Printemps . . .	6,42	6,49	6,29	6,19	6,40	6,54	6,32	6,65	6,54	6,38	2,46	14,04
Été	10,08	9,93	9,75	10,21	10,57	10,61	10,01	10,31	10,27	10,15	4,63	16,84
Automne	7,14	7,01	7,06	7,40	7,30	7,18	6,69	7,00	7,19	7,00	2,65	13,49
Année	7,25	7,19	7,09	7,28	7,39	7,39	7,02	7,29	7,30	7,18	1,72	16,84

Digitized by Google

GENÈVE 1869. — Fraction de saturation en millièmes.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Fraction moyenne	Minimum absolu	Maximum absolu
Déc. 1868 .	753	716	749	801	821	831	833	843	849	842	826	773	803	370	1000, 8 fois
Janvier 1869	774	743	751	813	841	853	867	887	897	891	862	830	834	400	1000, 17 »
Février. . .	714	683	696	756	806	855	869	873	878	876	865	790	805	360	1000, 28 »
Mars	679	659	666	682	733	791	838	874	892	867	805	727	768	320	1000, 5 »
Avril	523	502	478	529	618	702	790	863	902	868	729	612	676	290	990
Mai	605	592	577	639	713	775	817	852	871	835	746	665	724	270	990
Juin	539	505	484	567	660	752	822	872	878	814	693	611	683	350	1000, 3 »
Juillet . . .	563	499	492	538	652	740	791	848	884	842	719	619	682	230	990
Août	516	492	496	560	645	727	779	840	880	841	699	605	673	320	1000, 1 »
Septembre .	608	552	556	662	740	799	837	890	923	890	791	684	744	240	1000, 2 »
Octobre . .	623	595	612	718	781	831	862	883	891	875	834	735	770	400	1000, 4 »
Novembre .	650	642	676	750	784	804	825	841	849	839	822	721	767	390	1000, 8 »
Hiver. . . .	748	715	733	791	823	846	856	867	875	867	851	798	814	360	1000, 53 fois
Printemps .	603	585	575	617	689	757	815	863	888	857	760	668	723	270	1000, 5 »
Été	539	499	491	555	652	739	797	853	881	832	704	612	679	230	1000, 4 »
Automne . .	627	596	614	710	768	812	842	871	888	868	816	714	760	240	1000, 14 »
Année . . .	629	598	603	667	732	788	827	864	883	857	782	697	744	230	1000, 76 fois

Digitized by Google

Formules de la variation diurne de la fraction de saturation. — GENÈVE 1869.

Décembre 1868	H = 803	+ 55 sin (μ + 240°.2)	+ 21 sin (2 μ + 228°.8)	+ 5 sin (3 μ + 155°.1)
Janvier 1869 .	H = 834	+ 69 sin (μ + 226.8)	+ 21 sin (2 μ + 219.1)	+ 8 sin (3 μ + 147.3)
Février	H = 805	+ 98 sin (μ + 227.7)	+ 29 sin (2 μ + 206.6)	+ 4 sin (3 μ + 256.6)
Mars	H = 768	+ 118 sin (μ + 222.2)	+ 11 sin (2 μ + 300.1)	+ 5 sin (3 μ + 0.0)
Avril	H = 676	+ 181 sin (μ + 221.3)	+ 20 sin (2 μ + 304.9)	+ 12 sin (3 μ + 31.0)
Mai	H = 724	+ 144 sin (μ + 230.3)	+ 10 sin (2 μ + 264.3)	+ 11 sin (3 μ + 45.0)
Juin	H = 683	+ 193 sin (μ + 231.5)	+ 3 sin (2 μ + 348.7)	+ 13 sin (3 μ + 71.6)
Juillet	H = 682	+ 190 sin (μ + 224.6)	+ 8 sin (2 μ + 260.2)	+ 20 sin (3 μ + 53.1)
Août	H = 673	+ 189 sin (μ + 227.2)	+ 23 sin (2 μ + 280.5)	+ 15 sin (3 μ + 49.7)
Septembre . .	H = 744	+ 174 sin (μ + 228.3)	+ 28 sin (2 μ + 239.7)	+ 13 sin (3 μ + 85.6)
Octobre . . .	H = 770	+ 145 sin (μ + 231.7)	+ 38 sin (2 μ + 220.5)	+ 6 sin (3 μ + 198.4)
Novembre . .	H = 767	+ 98 sin (μ + 235,6)	+ 34 sin (2 μ + 240,0)	+ 8 sin (3 μ + 230,2)
Hiver	H = 814	+ 73 sin (μ + 231,0)	+ 23 sin (2 μ + 216.6)	+ 5 sin (3 μ + 167.8)
Printemps . .	H = 723	+ 155 sin (μ + 224.3)	+ 14 sin (2 μ + 293.5)	+ 10 sin (3 μ + 30.7)
Été	H = 679	+ 191 sin (μ + 227.5)	+ 11 sin (2 μ + 282.4)	+ 16 sin (3 μ + 57.9)
Automne . . .	H = 760	+ 139 sin (μ + 231,1)	+ 33 sin (2 μ + 232,4)	+ 4 sin (3 μ + 149,4)
Année	H = 744	+ 140 sin (μ + 227,9)	+ 17 sin (2 μ + 244,2)	+ 6 sin (3 μ + 65,3)

Si l'on compare l'année 1869 avec la moyenne des 20 années 1848-67, on trouve les écarts suivants pour la tension de la vapeur, pour la fraction moyenne de saturation en millièmes, et pour le nombre des cas de satu-
ration.

Digitized by Google

	ÉCARTS.		
	Tension moyenne.	Fraction de saturation.	Cas de saturation.
	mm		
Décembre 1868 .	+1,74	— 69	—34
Janvier 1869 . .	+0,07	— 28	—17
Février	+0,95	— 16	+ 9
Mars	—0,64	+ 7	— 4
Avril	+0,08	— 32	— 4
Mai	+1,11	+ 10	— 5
Juin	—1,52	— 24	+ 1
Juillet	+1,56	+ 4	— 2
Août	—0,78	— 35	— 1
Septembre. . . .	+0,01	— 35	— 4
Octobre	—1,33	— 67	—17
Novembre. . . .	—0,28	— 69	— 9
Hiver	+0,92	— 38	—42
Printemps	+0,18	— 4	—13
Été	—0,23	— 18	— 2
Automne	—0,54	— 57	—30
Année.	+0,08	— 29	—87

La tension de la vapeur a été notablement plus forte que de coutume en hiver, tandis que la fraction de saturation a été plus faible, ce qui s'explique par la température exceptionnelle chaude de cette saison. En automne, la tension de la vapeur, aussi bien que la fraction de saturation, ont été plus faibles que de coutume, la température ne s'écartant que fort peu de la moyenne. En somme, l'année peut être considérée comme ayant été sèche, la fraction moyenne de saturation est inférieure à celle qui a été observée depuis l'année 1848; et le nombre des cas de saturation est moins de la moitié de celui que l'on trouve dans la même série.

Digitized by Google

Vents observés à Genève, dans l'année 1869.

	Décemb. 1868.	Janvier 1869.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Année.
Calme	8	11	19	4	12	10	12	28	10	16	8	8	146
N. . .	17	68	55	117	110	87	110	68	122	72	76	30	932
NNE .	7	52	10	79	38	20	52	99	84	34	74	48	597
NE. .	6	19	10	16	10	11	20	8	13	2	21	10	146
ENE .	0	1	0	1	0	0	1	4	3	1	3	0	14
E. . .	12	13	3	7	2	4	6	2	2	4	3	8	66
ESE .	4	2	0	0	0	0	1	2	1	2	4	1	17
SE . .	9	12	6	6	4	3	3	4	7	4	7	6	71
SSE..	4	14	6	3	0	4	0	3	1	4	3	6	48
S. . .	39	35	39	31	17	27	12	16	15	59	27	57	374
SSO. .	114	33	45	34	65	68	42	27	43	71	92	91	725
SO. .	68	19	33	37	20	44	25	13	6	31	20	36	352
OSO..	14	5	4	1	2	5	6	1	3	3	5	7	56
O . .	19	11	20	7	6	8	8	7	12	6	8	8	120
ONO .	2	1	5	2	0	2	1	4	1	1	1	3	23
NO . .	9	4	8	10	5	5	4	8	3	4	1	5	66
NNO .	7	6	5	11	13	12	5	4	5	4	5	3	80

	RAPPORT. Vents NE. à SO.	RÉSULTANTE. Direction.	RÉSULTANTE. Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Décembre 1868.	0,16	S 31°,8 O	70,8	2,9
Janvier 1869. . .	1,49	N 27,0 E	14,9	3,9
Février	0,55	S 60,5 O	25,5	7,5
Mars	2,00	N 2,5 O	44,4	1,4
Avril	1,45	N 21.6 O	29,1	4,4
Mai	0,80	S 90,0 O	20,3	3,6
Juin.	2,03	N 4,8 O	39,8	4,4
Juillet.	2,83	N 6,6 E	40,2	10,0
Août	2,84	N 4,5 E	54,2	3,6
Septembre . . .	0,67	S 41,3 O	21,1	5.9
Octobre	1,16	N 13.3 O	10,6	2,9
Novembre. . . .	0,48	S 24,5 O	37,0	3,0
Année	1,08	N 44,6 O	13,1	4,4

Digitized by Google

La comparaison de ces chiffres avec ceux déduits d'une longue série d'années montre qu'en somme, dans l'année, la distribution des vents s'écarte peu de la moyenne; dans les mois de mars, juin, juillet et août, les vents du Nord et du Nord-Est ont été plus fréquents que de coutume; dans les mois de décembre 1868, février, septembre et novembre, les vents du Sud et du Sud-Ouest ont soufflé avec une plus grande fréquence. Si l'on compare la fréquence relative des vents du Nord, du Nord-Nord-Est et du Nord-Est avec ceux du Sud, du Sud-Sud-Ouest et du Sud-Ouest, en réduisant les chiffres du tableau précédent se rapportant à 3285 observations, au chiffre proportionnel de 1,000, on trouve :

	1869.	Moyenne.	1869-Moy.		1869.	Moyenne.	1869-Moy.
N.	284	273	+11	S.	114	116	— 2
NNE.	182	216	—34	SSO.	221	194	+27
NE.	44	38	+ 6	SO.	107	125	—18
Pour les 3 directions N à NE			—17	Pour les 3 directions S à SO			+ 7

Ainsi, en moyenne, dans l'année, la fréquence relative des vents du Sud a été un peu plus grande que de coutume. On trouve dans l'année un moins grand nombre de jours de forte bise, et de jours de fort vent du Sud que l'on n'en compte ordinairement; effectivement, d'après le tableau suivant, qui donne leur distribution dans les différents mois, on ne compte dans toute l'année que 35 jours de forte bise, le chiffre moyen étant de 45, et 37 jours de fort vent du Sud, au lieu de 54.

Digitized by Google

	Nombre de jours de	
	forte bise.	fort vent du Midi.
Décembre 1868 . .	0	9
Janvier 1869	3	0
Février.	1	2
Mars	7	3
Avril	2	3
Mai	0	6
Juin	4	1
Juillet	3	0
Août	6	1
Septembre	2	5
Octobre	5	3
Novembre	2	4
Année	35	37

Les vents observés au Saint-Bernard pendant l'année 1869 sont :

	VENTS.			RÉSULTANTE.		
	NE.	SO.	Rapport.	Direction.	Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Déc. 1868.	119	120	0,99	S 45°O	0,4	27,2
Janv. 1869.	161	91	1,77	N 45 E	25,1	18,6
Février . .	195	54	3,60	N 45 E	56,0	18,3
Mars. . . .	250	108	2,31	N 45 E	50,8	7,9
Avril . . .	163	57	2,86	N 45 E	39,3	30,4
Mai	100	173	0,58	S 45 O	26,2	14,0
Juin. . . .	228	37	6,16	N 45 E	70,7	8,1
Juillet . . .	186	57	3,26	N 45 E	46,3	15,8
Août . . .	213	31	6,87	N 45 E	65,2	18,3
Septembre.	128	139	0,92	S 45 O	4,1	20,7
Octobre. .	265	95	2,79	N 45 E	60,9	1,1
Novembre.	216	51	4,24	N 45 E	61,1	23,3
Année. . .	2224	1013	2,20	N 45 E	36,9	16,9

Au Saint-Bernard la fréquence des vents du Nord n'a pas été plus faible que de coutume ; on peut signaler, en particulier, les mois de février et de novembre, où la prédominance des vents du Sud et du Sud-Ouest était très-

Digitized by Google

marquée à Genève, tandis que les vents du Nord régnaient au Saint-Bernard.

Pluie ou neige, dans l'année 1869.

	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Nombre de jours.	Eau tombée.	Nombre d'heures.	Nombre de jours.	Eau tombée.	Nombre d'heures.
		mm			mm	
Décemb. 1868.	16	155,3	125	15	182,9	128
Janvier 1869 .	6	36,8	26	5	16,4	20
Février	9	62,4	69	6	69,3	44
Mars	11	44,5	89	12	44,7	69
Avril	5	33,8	27	2	18,0	9
Mai	16	95,9	80	9	266,4	51
Juin.	7	72,1	47	7	71,4	43
Juillet.	8	35,0	18	7	95,5	39
Août	5	31,8	24	10	105,2	48
Septembre. . .	11	65,8	42	9	117,8	51
Octobre	8	35,4	28	3	21,2	21
Novembre. . .	8	61,7	65	10	121,8	103
Hiver	31	254,5	220	26	268,6	192
Printemps. . .	32	174,2	196	23	329,1	129
Été	20	138,9	89	24	272,1	130
Automne . . .	27	162,9	135	22	260,8	175
Année.	110	730,5	640	95	1130,6	626

La quantité de neige tombée à Genève pendant les trois mois de décembre, janvier et février a été insignifiante, le sol était blanchi pendant un petit nombre d'heures, et la hauteur de la couche était trop faible pour pouvoir être mesurée. Au mois de mars les chutes de neige ont été plus fréquentes et plus abondantes ; il en est tombé dans les journées des 1er, 3, 6, 13, 16 et 28, mais elle n'a persisté dans aucun cas plus de 24 heures sur le sol; la hauteur totale de la couche tombée dans ces

Digitized by Google

six jours est de 207mm. La neige est tombée de très-bonne heure en automne : le 27 octobre, il y a eu une chute de neige qui a recouvert le sol sur une hauteur de 50mm, et qui n'a entièrement disparu dans les endroits exposés au nord que le 31 dans l'après-midi.

La comparaison de l'année 1869 avec la moyenne des 42 années 1826-67 pour Genève, et celle des 27 années 1841-67 pour le Saint-Bernard, donne les différences suivantes pour le nombre de jours de pluie ou de neige et pour la quantité d'eau tombée :

	GENÈVE		ST.-BERNARD	
	Excès sur le nombre de jours de pluie.	Excès sur la quantité d'eau tombée.	Excès sur le nombre de jours de pluie.	Excès sur la quantité d'eau tombée.
		mm		mm
Décembre 1868	+ 7	+105,4	+ 7	+109,8
Janvier 1869 ..	— 4	— 12,1	— 6	—112,7
Février	+ 1	+ 24,8	— 3	— 24,3
Mars.....	+ 1	— 4,0	+ 1	— 52,2
Avril.....	— 6	— 24,6	— 9	—102,0
Mai.....	+ 4	+ 14,0	— 2	+146,3
Juin	— 4	— 5,5	— 3	— 30,0
Juillet	— 1	— 32,5	— 2	+ 20,4
Août.....	— 5	— 49,3	+ 1	+ 19,4
Septembre ...	0	— 34,9	0	+ 1,8
Octobre	— 3	— 62,5	— 7	—121,1
Novembre	— 2	— 12,1	0	+ 23,3
Hiver	+ 4	+118,1	— 2	— 27,2
Printemps....	— 1	— 14,6	—10	— 7,9
Été.....	—10	— 87,3	— 4	+ 9,8
Automne	— 5	—109,5	— 7	— 96,0
Année	—12	— 93,3	—23	—121,3

Sauf l'hiver, et en particulier le mois de décembre 1868, qui a donné une quantité exceptionnelle de pluie, l'année a été très-sèche à Genève, soit au point de vue

Digitized by Google

du nombre des jours de pluie, soit en ayant égard à la quantité d'eau tombée. La période de sécheresse, que nous traversons, remonte au mois de juin 1867, avec une seule interruption pendant l'hiver 1869; le déficit des 6 derniers mois, juin à novembre 1867, a été de 159^{mm},4, celui de l'année 1868 de 141^{mm},0, en sorte qu'à la fin de novembre 1869 le déficit total était de près de 400^{mm}; en outre la sécheresse a persisté pendant l'année 1870.

J'ai relevé dans le tableau suivant, pour chaque mois, les périodes principales de sécheresse ou de jours consécutifs sans pluie, et les périodes pluvieuses ou de jours de pluie consécutifs; je donne également le nombre de jours où la quantité d'eau tombée dans 24 heures a été faible, au-dessous de un millimètre, ou très-faible, au-dessous d'un quart de millimètre; enfin la quantité maximum d'eau tombée dans 24 heures, et le nombre de jours où cette quantité a atteint trois centimètres.

Digitized by Google

	Périodes de sécheresse.	Périodes pluvieuses.	Pluie dans 24 heures au-dessous de 1mm,0.	Pluie dans 24 heures au-dessous de 0mm,25.	Pluie dans 24 heures maximum.	Pluie dans 24 heures dépassant 3cm
Décembre 1868	3 jours	6 jours (19-24)	1	1	mm 26,7 le 30	-
Janvier 1869..	12 » (16-27)	2 »	2	-	23,6 le 29	-
Février.....	9 » (11-19)	3 »	2	-	25,7 le 2	-
Mars.....	7 » (21-27)	4 » (28 févr.-3 mars)	2	1	10,6 le 2	-
Avril.....	10 » (5-14)	3 »	-	-	16,7 le 16	-
Mai.....	4 »	3 »	3	-	19,8 le 15	-
Juin.....	7 »	2 »	-	-	42,3 le 14	1
Juillet.....	10 » (14-23)	2 »	2	2	19,0 le 25	-
Août.....	15 » (16-30)	2 »	1	-	19,1 le 2	-
Septembre....	9 » (23 sept.-1er oct.)	4 » (19-22)	-	-	25,5 le 11	-
Octobre.....	10 » (4-13)	2 »	3	2	18,0 le 17	-
Novembre	9 » (11-19)	2 »	1	-	17,0 le 30	-
Année.....	15 jours (16-30 août)	6 jours (19-24 décemb.)	17	6	42,3 le 14 juin.	1

Digitized by Google

Il n'y a pas eu ainsi de longues périodes de sécheresse, le plus long intervalle sans pluie ayant été de 15 jours au mois d'août; mais il n'y a pas eu non plus de longues périodes pluvieuses, le plus grand nombre de jours consécutifs de pluie ayant été de 6 au mois de décembre. Les pluies ont été en général peu abondantes, il ne se trouve qu'un seul cas, au mois de juin, où la quantité d'eau tombée dans 24 heures ait dépassé 3 centimètres.

J'ai formé, comme pour les années précédentes, le tableau suivant qui fait ressortir d'une manière plus claire, à quelques égards, la distribution de la pluie. Ce tableau fait connaître, pour les deux stations, la durée relative de la pluie, obtenue en divisant le nombre d'heures de pluie par le nombre total d'heures contenues dans la période, le nombre moyen d'heures pendant lequel il a plu un jour de pluie, enfin la quantité moyenne d'eau tombée dans une heure.

	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 heure.	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 heure.
			mm			mm
Déc. 1868.	0,168	7,81	1,25	0,172	8,53	1,43
Janv. 1869.	0,035	4,33	1,42	0,027	4,00	0,82
Février. . .	0,103	7,64	0,90	0,065	7,33	1,57
Mars. . . .	0,120	8,09	0,50	0,093	5,75	0,65
Avril. . . .	0,038	5,40	[illegible],25	0,012	4,50	2,00
Mai	0,111	5,60	1,20	0,069	5,67	5,22
Juin	0,065	6,71	1,53	0,060	6,14	1,66
Juillet . . .	0,024	2,25	1,94	0,052	5,57	2,45
Août. . . .	0,032	4,80	1,32	0,065	4,80	2,19
Septembre.	0,058	3,82	1,57	0,071	5,67	2,31
Octobre . .	0,038	3,50	1,26	0 028	7,00	1,01
Novembre.	0,090	8,12	0,95	0,143	10,30	1,18
Hiver. . . .	0,102	7,10	1,16	0,089	7,38	1,40
Printemps .	0,089	6,12	0,89	0,058	5,61	2,55
Été	0,040	4,45	1,56	0,059	5,42	2,09
Automne. .	0,062	5,00	1,21	0,080	7,95	1,49
Année . . .	0,073	5,82	1,14	0,071	6,59	1,81

Digitized by Google

Au Saint-Bernard, l'année 1869 présente également un caractère de sécheresse, en ayant égard soit au nombre de jours, soit à la quantité d'eau tombée ; le déficit est surtout notable en automne, mais il y a eu également déficit en hiver, saison qui a été très-pluvieuse à Genève. Le mois de septembre est le seul où il ne soit pas tombé de la neige, et la quantité tombée en octobre a été insignifiante, la hauteur totale de la neige tombée dans le courant de l'année est notablement plus faible que de coutume.

Hauteur de la neige tombée au Saint-Bernard dans les différents mois de 1869.

	millimètres.
Décembre 1868. . . .	1846
Janvier 1869	127
Février.	610
Mars	658
Avril	140
Mai.	155
Juin	435
Juillet.	320
Août	45
Septembre	0
Octobre.	20
Novembre	937
Année	5293

Le nombre de jours, où l'on a entendu le tonnerre à Genève, dans l'année 1869, s'élève à 21, répartis comme suit ; les détails sur les orages se trouvent dans les tableaux mensuels.

Digitized by Google

	Jours de tonnerre à Genève.	Jours d'éclairs sans tonnerre.
Décembre 1868. . . .	1	0
Janvier 1869.	0	0
Février	0	0
Mars	0	0
Avril	3	0
Mai	6	1
Juin	4	0
Juillet	2	1
Août.	1	1
Septembre	1	1
Octobre.	2	1
Novembre.	1	0
Année.	21	5

Voici enfin le nombre de jours, où l'on a observé des halos ou des couronnes autour du soleil, ou autour de la lune; les détails sur ces phénomènes se trouvent également dans les tableaux mensuels.

	Halo solaire.	Couronne solaire.	Halo lunaire.	Couronne lunaire.
Décembre 1868. .	1	0	1	2
Janvier 1869 . . .	0	0	4	6
Février	3	0	0	2
Mars	2	1	0	1
Avril	11	2	1	0
Mai	5	1	0	0
Juin.	1	0	1	1
Juillet.	1	1	0	0
Août	3	0	0	2
Septembre.	0	0	0	0
Octobre	2	0	2	3
Novembre	1	0	2	5
Année.	30	5	11	22

Digitized by Google

État du ciel.

D'après la notation adoptée, la portion du ciel couverte par des nuages est exprimée en dixièmes, 0,0 représentant un ciel parfaitement clair, et 1,0 un ciel entièrement couvert. Un jour est rangé dans la catégorie des jours clairs, peu nuageux, très-nuageux ou couverts, selon que la clarté moyenne déduite des 9 observations diurnes est comprise entre les limites respectives de 0,0 et 0,25; 0,25 et 0,50 ; 0,50 et 0,75; 0,75 et 1,00.

En comparant les chiffres du tableau suivant avec la moyenne des années 1847 à 1867, on trouve qu'à Genève l'hiver et le printemps s'écartent très-peu de la moyenne, le ciel a été un peu plus nébuleux que de coutume. En été et en automne le ciel a été, au contraire, plus clair que de coutume, et en somme dans l'année, la nébulosité a été au-dessous de la moyenne. Au Saint-Bernard, on ne trouve dans aucune saison de différence notable avec la moyenne.

On peut enfin noter une proportion très-faible de brouillards à Genève, dans l'année 1869 ; on ne trouve que 6 jours pour lesquels le brouillard a persisté pendant toute la journée, et 11 où il n'a duré qu'une partie de la journée.

Digitized by Google

	GENÈVE.					SAINT-BERNARD.				
	Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très-nuag.	Jours cou-verts.	Clarté moyenne.	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très-nuag.	Jours cou-verts.	Clarté moyenne.
Déc. 1868.	0	4	4	23	0,84	4	1	7	19	0,70
Janv. 1869.	3	1	7	20	0,75	16	5	3	7	0,34
Février. . .	4	2	4	18	0,74	8	2	4	14	0,58
Mars	1	5	5	20	0,77	3	1	7	20	0,74
Avril	10	7	7	6	0,43	8	7	4	11	0,51
Mai	3	2	13	13	0,68	4	2	3	22	0,74
Juin	8	12	5	5	0,45	2	8	8	12	0,64
Juillet . . .	12	10	4	5	0,39	9	9	3	10	0,46
Août	9	10	6	6	0,41	8	5	7	11	0,56
Septembre.	13	4	7	6	0,41	10	3	4	13	0,54
Octobre . .	5	11	7	8	0,53	10	4	6	11	0,49
Novembre .	4	3	6	17	0,69	8	4	3	15	0,60
Hiver. . . .	7	7	15	61	0,778	28	8	14	40	0,534
Printemps .	14	14	25	39	0,628	15	10	14	53	0,665
Été.	29	32	15	16	0,414	19	22	18	33	0,551
Automne. .	22	18	20	31	0,544	28	11	13	39	0,543
Année . . .	72	71	75	147	0,590	90	51	59	165	0,575

GENÈVE, 1869.

	Brouillard tout le jour.	Brouillard une partie de la journée.	Nombre total.
Décembre 1868. . .	3	1	4
Janvier 1869	0	6	6
Février.	3	1	4
Mars.	0	0	0
Avril.	0	0	0
Mai	0	0	0
Juin	0	0	0
Juillet	0	0	0
Août	0	0	0
Septembre	0	0	0
Octobre	0	2	2
Novembre	0	1	1
Année :	6	11	17

Digitized by Google

SUR LES PUBLICATIONS RÉCENTES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE BRUXELLES

Il a paru, en 1854 et en 1860, dans ce journal, des Notices assez détaillées sur l'observatoire de Bruxelles et sur les travaux scientifiques qui y ont été exécutés. Ces travaux ayant été dès lors poursuivis avec activité, soit par M. Adolphe Quetelet, fondateur et directeur de cet observatoire, soit par son fils, M. Ernest Quetelet, et par les autres astronomes attachés à l'établissement, je vais passer rapidement en revue les diverses publications auxquelles ils ont donné lieu.

L'ouvrage principal, relatif à cet observatoire, a pour titre : *Annales de l'Observatoire royal de Bruxelles*, et comprend l'ensemble des observations astronomiques, météorologiques et magnétiques qui y sont faites, ainsi que leurs résultats. Pendant quelques années, la météorologie a joué le principal rôle dans ce Recueil, de format in-4°, et M. Quetelet y a, entre autres, inséré successivement les diverses parties d'un ouvrage *sur le climat de la Belgique*, dont une analyse sommaire a été donnée dans les Notices citées plus haut. Les tomes XVI, XVII et XVIII de ces *Annales* ont paru en 1864, 1866 et 1869; ils comprennent les observations astronomiques faites de 1859 à 1864 inclusivement, et les observations météorologiques et magnétiques de 1859 à 1866.

Digitized by Google

On a commencé, en 1857, dans cet observatoire, la construction d'un grand catalogue d'étoiles, spécialement destiné à une révision générale des mouvements propres de celles où ces mouvements atteignent au moins un dixième de seconde de degré par an. A ce premier groupe, on a joint un certain nombre d'étoiles observées par d'anciens astronomes et qui ne se trouvent pas dans les catalogues les plus récents, afin de vérifier leur position et de reconnaître leur déplacement annuel. On a observé aussi les étoiles près desquelles passe la Lune, et les étoiles multiples. L'ensemble de ces astres s'élève à environ dix mille, et leur observation complète exigera une douzaine d'années de travail.

Chacun des volumes actuels des *Annales* comprend une partie des matériaux de ce grand travail, ainsi que les observations ordinaires du Soleil et de la Lune et les observations occasionnelles.

Les deux instruments principaux de l'observatoire de Bruxelles sont une lunette-méridienne de Gambey, de 6 pouces d'ouverture et de 7 $^1/_2$ pieds de distance focale, et un cercle-mural de Troughton et Simms, de 6 pieds anglais de diamètre, muni de six microscopes micrométriques, et dont la lunette a 3 $^1/_2$ pouces d'ouverture. La lunette-méridienne a à son foyer un réticule de cinq fils verticaux et de deux fils horizontaux. Elle est munie de deux collimateurs horizontaux, placés l'un au nord, l'autre au sud. Les observations avec cet instrument, insérées dans le dernier volume des *Annales*, ont été faites par M. Ernest Quetelet, et les calculs de réduction par M. Mailly, en adoptant, pour la détermination de la marche de la pendule, les observations d'étoiles fondamentales, et l'ascension droite de ces étoiles telle qu'elle

Digitized by Google

se trouve dans le *Nautical-Almanac*. Les observations au cercle-mural ont été faites par MM. Ernest Quetelet et Hooreman, et les calculs de réduction, qui sont très-considérables, ont été faits par le premier de ces astronomes. Les très-petites erreurs de division du cercle ont fait précédemment l'objet d'une étude soignée, et on en a tenu compte. Les tables de réfraction employées sont celles publiées dans l'*Appendix* des observations de Greenwich pour 1836. Un catalogue des positions moyennes en ascension droite et en déclinaison, au 1er janvier 1864, des 3672 étoiles observées dans le courant de l'année, termine la partie astronomique du volume, et ce catalogue annuel est destiné à faciliter les calculs du catalogue final.

La partie météorologique et magnétique, qui occupe environ le quart du tome XVIII des *Annales*, comprend les observations faites en 1865 et 1866. On sait combien le système d'observations de ce genre, adopté depuis 1833. est complet à l'observatoire de Bruxelles, et il en a été déjà rendu compte dans les deux Notices citées plus haut. Outre les observations diurnes très-multipliées du baromètre, des thermomètres à boule humide et à boule sèche, soit à l'air libre, soit à diverses profondeurs en terre, l'observation des vents, de l'état du ciel, de l'électricité de l'air, de la déclinaison et de l'intensité magnétiques qui y sont rapportées, on trouve, à la fin de chaque année, une série de tableaux qui donnent un résumé mensuel et annuel des résultats obtenus.

L'observatoire de Bruxelles a été lié télégraphiquement, dès 1853, avec celui de Greenwich, de manière à permettre de déterminer exactement, par ce moyen, la différence de longitude entre ces deux observatoires. La

Digitized by Google

même méthode a été appliquée, en 1858 et en 1868, à la détermination de la différence de longitude entre l'observatoire de Bruxelles et ceux de Berlin et de Leyde.

M. Quetelet continue à publier un *Annuaire* de son observatoire, de format in-18, un peu analogue à celui du Bureau des longitudes français. Il renferme d'utiles données astronomiques, physiques, météorologiques et statistiques, ainsi que des Notices qui se rapportent à ces mêmes branches. M. Mailly y a fait paraître aussi d'intéressants rapports, mentionnés à plusieurs reprises dans nos *Archives*, sur les Sociétés savantes et les établissements scientifiques en diverses parties de l'Europe et aux États-Unis d'Amérique. L'annuaire pour l'année actuelle est le 37me de la collection.

On sait l'intérêt qu'a mis, depuis longtemps, M. Quetelet à l'étude des météores lumineux, dits *étoiles filantes*. C'est lui qui a reconnu le premier l'apparition régulière, du 10 au 12 août de chaque année, d'un essaim considérable de météores de ce genre. Ses recherches assidues sur ce sujet ont été un acheminement aux découvertes plus récentes, et, entre autres, au travail important de M. Schiaparelli, astronome à Milan, qui a constaté l'identité de la trajectoire des météores périodiques du commencement d'août, avec l'orbite de la deuxième Comète de 1862.

M. Quetelet étant, depuis un grand nombre d'années, secrétaire de l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique, établie à Bruxelles, a publié de nombreux mémoires dans le Recueil in-4° de ceux de cette Académie, et une grande quantité d'annonces et de Notices concernant l'astronomie, la physique et la météorologie, dans les *Bulletins* de ses séances,

Digitized by Google

dont il paraît, depuis 1831, un ou deux volumes par an, de format in-8°. On trouve entre autres, dans ces Bulletins, beaucoup de rapports relatifs aux observations d'étoiles filantes faites à Bruxelles et ailleurs. Ceux des dernières années en renferment plusieurs sur le retour de l'essaim de ces météores qui a lieu périodiquement pendant quelques années de suite, vers le milieu de novembre, tous les 33 ou 34 ans, et qui a été très-considérable de 1866 à 1869, soit en Europe, soit aux États-Unis d'Amérique.

M. Quetelet s'est adonné aussi, depuis 1839, à l'observation de phénomènes périodiques d'un tout autre genre : je veux parler de ceux relatifs aux époques de l'apparition annuelle des feuilles, des fleurs et des fruits, de la chute des feuilles, etc. Ce sujet de recherches avait été déjà abordé par le célèbre naturaliste Linné, et notre compatriote Senebier s'en est occupé aussi, de même que de l'époque du chant et des migrations des oiseaux, dans son *Manuel de météorologie pratique*, dont la deuxième édition a paru à Genève en 1810. M. Quetelet a engagé divers savants, soit en Belgique, soit ailleurs, à se livrer à ce genre d'observations. Il a trouvé, même en Russie, un collaborateur fort distingué, en M. Charles Linsser, l'un des astronomes de l'observatoire de Poulkowa, qui a publié en allemand, d'après ses propres observations, deux mémoires sur ce sujet dans le Recueil de ceux de l'Académie de Pétersbourg, et que la mort a dès lors enlevé encore jeune à la science.

M. Quetelet publie lui-même successivement, dans le recueil in-4° de l'Académie royale de Belgique, des mémoires sur ce genre de phénomènes périodiques dans le règne végétal et le règne animal, d'après les observa-

Digitized by Google

tions faites principalement dans le jardin de son observatoire et en quelques autres localités belges, en y joignant des résumés des observations météorologiques faites en ces diverses stations. Le dernier de ces mémoires, publié dans le tome XXXVIII de ceux de l'Académie, comprend les observations faites en 1867 et 1868.

Des officiers de marine de diverses nations s'étaient réunis à Bruxelles, en août et septembre 1853, sur la demande du gouvernement des Etats-Unis d'Amérique, et sur l'invitation du commandant Maury, qui était alors directeur de l'observatoire de Washington, en vue d'unir leurs efforts pour établir un système uniforme d'observations météorologiques. Il fut alors convenu que les officiers de chaque nation recommanderaient, dans leurs instructions, l'observation régulière, à l'heure de midi, de quatre thermomètres exposés en plein air et au Soleil: savoir le thermomètre centigrade ordinaire, puis ceux à boule blanche, à boule noire et à boule bleue (couleur de la mer).

Les observations ont été faites à l'observatoire de Bruxelles pendant dix ans, de 1854 à 1863, et M. Quetelet en a communiqué les résultats mensuels et annuels à l'Académie de Belgique, dans sa séance du 6 avril 1867, en y joignant les indications données, à la même heure, par le thermomètre situé au nord et à l'ombre, et par celui à boule libre, exposé au Soleil sur la tourelle orientale de l'observatoire.

Je rapporterai seulement ici les moyennes générales des dix années.

Digitized by Google

Températures moyennes à midi, en degrés centigrades.

Thermomètre au Nord et à l'ombre	12°,22
» libre au Nord et au Soleil (tourelle orientale)	13°,31
» libre au Sud (boule ordinaire)	16°,04
» libre au Sud (boule blanche)	15°,01
» libre au Sud (boule bleue)	16°,43
» libre au Sud (boule noire)	16°,52

Outre son ouvrage in-4° sur le climat de la Belgique, M. Quetelet a publié, en 1861, un volume in-4° sur la *Physique du globe*, et, en 1867, un volume in-8° ayant pour titre : *Météorologie de la Belgique comparée à celle du globe.*

Il fait paraître maintenant chaque mois, par feuilles détachées, les nombreuses observations météorologiques régulières qui se font dans son observatoire, ce qui permet de les comparer promptement avec celles qui se publient ailleurs, et entre autres, avec celles de Genève, du grand Saint-Bernard et de Rome, d'après nos *Archives* et les Bulletins météorologiques du Père Secchi. J'ai été curieux de faire cette comparaison, pour les températures les plus élevées et les quantités de pluie des trois mois de mai, juin et juillet 1870, qui ont été si chauds et si secs à Genève.

Depuis le 11 mai, d'après les tableaux publiés par M. le professeur Plantamour, la température a été, à Genève, notablement supérieure à sa valeur normale, et l'écart, pour la moyenne diurne, s'est élevé à 8°,9 le 21 mai. Juin et juillet, à l'exception d'un petit nombre de jours, ont présenté le même caractère, et en juillet l'écart d'avec la température normale du jour a été quatre

Digitized by Google

fois de près de 8° $^1/_2$. Il en a été à peu près de même au Saint-Bernard. Les *Maxima* mensuels absolus ont été :

	A Genève.	Au Grand St-Bernard.
en mai.....	30°,1	16°,2
en juin	32°,1	18°,0
en juillet.....	36°,4	18°,2

Il n'y avait pas de thermomètre à index au Saint-Bernard.

La température ne s'est pas autant élevée, comparativement, à Rome qu'à Genève, les *maxima* y ont été de 29°,7 le 23 mai, de 30°,6 le 22 juin, et de 34°,1 le 11 juillet; mais le thermomètre à boule noire, exposé au Soleil, est monté à 39° les 19 et 20 juin, et à 44° le 11 juillet.

A Bruxelles, les *maxima* de température ont été de 26°,4 le 21 mai, de 29°,4 le 17 juin, et de 32°,2 le 26 juillet.

L'eau de pluie en millimètres a été :

	A Genève.	Au St-Bernard.	A Rome.	A Bruxelles.
	mm	mm	mm	mm
en mai.....	21,1	34,0	24,2	38,0
en juin.....	14,3	30,5	66,9	29,9
en juillet...	61,9	151,9	36,2	62,20

M. Quetelet s'est encore fort occupé, depuis 1827, de diverses recherches de *Statistique* [1] ; il a cherché à exercer une impulsion favorable pour ce genre de travaux, en coopérant activement à l'institution de congrés internatio-

[1] Le premier ouvrage de ce genre, publié en 1827 par M. Quetelet, a pour titre : *Recherches sur la population, les naissances, etc., dans le royaume des Pays-Bas.*

Digitized by Google

naux relatifs à cette science, qui ont eu lieu successivement, depuis 1853, à Bruxelles, à Paris, à Vienne, à Londres, à Berlin, à Florence et à La Haye, et dans la plupart desquels il a joué un rôle important. Il a proposé, dans celui qui a eu lieu à Londres en 1860, de créer une *Statistique générale* pour tout le monde civilisé, et, sur l'invitation qui lui fut faite alors de fournir lui-même un premier modèle de ce genre, il a publié, en 1865, de concert avec M. Heuschling, un fort volume in-4° sur la population des divers États de l'Europe et des États-Unis d'Amérique, avec la collaboration des statisticiens officiels de ces États. C'est M. Quetelet qui a présidé le congrès de statistique tenu à Florence en 1867. Dans le dernier, qui a eu lieu à La Haye en septembre 1869, M. Engel, statisticien prussien, a fait adopter un plan général d'exécution, pour l'Europe, du projet esquissé à Londres par M. Quetelet, plan dont on trouvera les détails dans l'*Annuaire de l'observatoire de Bruxelles* pour 1870.

L'un des travaux les plus importants et les plus récents de M. Quetelet, sur ce genre de recherches, est le *Traité de physique sociale* en deux volumes in-8°, qu'il a publié à Bruxelles en 1868 et 1869, en le présentant comme un essai sur le développement des facultés de l'homme. La première édition de cet ouvrage avait paru en 1835. La seconde est fort augmentée, et son 1er volume, dont la publication a un peu précédé celle du 2me, a fait l'objet d'une courte analyse, rédigée par notre compatriote M. le Dr Lombard, qui a paru dans le Bulletin littéraire du cahier d'avril 1870 de la *Bibliothèque Universelle*. Je dirai ici quelques mots sur le second volume, qui a près de 500 pages.

Digitized by Google

Ce volume comprend les livres 3, 4 et 5 de l'ouvrage. Le livre 3 a pour objet le développement des qualités physiques de l'homme. L'auteur y considère successivement, à divers âges et en divers pays, la taille de l'homme, sa croissance, son poids, sa force, son agilité, les pulsations de son pouls, etc.

Le livre 4, qui occupe plus de 200 pages, renferme une étude sur l'*homme moyen*, sous le rapport des qualités intellectuelles et morales. M. Quetelet y reconnaît d'abord que le libre arbitre de l'homme isolé ne peut être apprécié dans le mouvement social, mais qu'il s'efface et demeure sans effet sensible quand les observations s'étendent sur un grand nombre d'individus. « L'Être Suprême, dit-il, n'a pas voulu que l'homme pût porter atteinte à ses lois éternelles, et il a prudemment imposé des limites à nos facultés morales, comme il en a mis à nos facultés physiques. Or, par l'étude des effets, on peut remonter à la connaissance des causes, et il y a des cas où, en considérant l'ensemble d'une population, les qualités intellectuelles et morales de l'homme peuvent devenir numériquement appréciables. »

L'auteur envisage successivement, d'après des documents recueillis chez diverses nations, les facultés intellectuelles des populations suivant les professions; il examine les cas d'aliénation mentale, de suicides et de duels; il s'occupe ensuite des crimes en général, puis de l'influence sur le penchant au crime, de l'éducation, des professions diverses, du climat, des saisons, du sexe et de l'âge. Je citerai, sur ce dernier point, le passage suivant: (tome II, p. 366) comme un exemple des résultats curieux que M. Quetelet déduit de son étude.

« La loi du développement du penchant au crime est à

Digitized by Google

peu près la même pour la France, la Belgique, le grand-duché de Bade et l'Angleterre, pays pour lesquels ces observations sont bien connues aujourd'hui..... Ce penchant croît très-rapidement vers l'âge adulte; il atteint un *maximum* et décroît ensuite, mais avec lenteur, jusqu'aux dernières limites de la vie.

« En France, pour les crimes en général, le *maximum* se présente vers 24 ans; en Belgique, cette époque critique arrive un peu plus tard; en Angleterre et dans le grand-duché de Bade, au contraire, elle s'observe plus tôt. Il existe aussi une différence pour les sexes : en France, le *maximum* arrive environ une année plus tôt pour les hommes que pour les femmes, et il est quatre fois plus grand.

« On observe aussi une différence pour la nature des crimes; ainsi, pour les crimes contre les propriétés, le *maximum* devance d'environ deux ans celui du penchant au crime contre les personnes, et il est deux à trois fois plus prononcé. Si l'on considère en particulier les principaux crimes, ils se présentent, pour la précocité, dans l'ordre suivant : le vol, le viol, les coups et blessures, les meurtres, les assassinats, les empoisonnements et les faux de toute espèce.

« Le suicide est également soumis à une loi qui diffère de celle de la criminalité. Le penchant au suicide, déjà développé dès l'enfance, croît sensiblement vers l'âge adulte et va continuellement en augmentant jusqu'à la vieillesse la plus reculée..... Non-seulement les suicides sont, chaque année, à peu près en même nombre, mais, en les séparant par groupes, d'après les instruments servant à leur exécution, on trouve encore la même constance. Cette distribution, constante pour chaque pays,

Digitized by Google

diffère cependant sensiblement en passant d'un pays à un autre. »

M. Quetelet expose, dans le 5me et dernier livre de sa *Physique sociale*, la grande utilité qu'il trouve à une exacte détermination, à diverses époques et chez différents peuples, de ce qu'il appelle *l'homme moyen*, c'est-à-dire le modèle ou le type qui peut le mieux caractériser l'homme envisagé dans sa généralité, sous le rapport physique, intellectuel et moral. Il ne considère les résultats de ce genre qu'il a obtenus, que comme un premier essai d'un travail immense, qui, pour être complété, exigera de longues et pénibles recherches, et qui ne peut acquérir d'utilité réelle que par une extrême exactitude.

Je ne puis retracer ici les développements intéressants que l'auteur présente à l'appui de ses idées. Il regarde comme une des études les plus curieuses qu'on puisse se proposer, relativement à l'homme, le développement progressif de ses différentes qualités intellectuelles. Il cite Raphaël, Mozart, Pascal, Newton et Lagrange comme exemples de précocité de génie. Il rappelle que Jean-Jaques Rousseau, en arrivant à Paris, n'y apportait que des poésies et des combinaisons mathématiques qu'il cherchait à introduire dans l'art musical, et que notre autre compatriote, le célèbre botaniste Augustin-Pyrame de Candolle, s'occupa de poésies dans sa jeunesse, avant que son talent d'observateur se fût complétement révélé à lui.... « La mémoire, dit-il, est peut-être la faculté qui se manifeste dès l'enfance avec le plus d'intensité : mais les premiers souvenirs ne remontent guère plus haut que l'âge de 3 ou 4 ans. La mémoire des noms semble nous quitter la première, et beaucoup de personnes commencent déjà, vers l'âge de 45 ans, à en faire la triste expérience. »

Digitized by Google

Après avoir considéré successivement, dans le 5me livre, l'homme moyen sous le rapport des lettres et des beaux-arts, des sciences naturelles et médicales, de la philosophie, de la morale et de la politique, M. Quetelet examine les progrès ultérieurs désirables de nos connaissances sur les lois du développement de l'homme. Il insiste sur la nécessité de présenter les documents statistiques avec tous les moyens d'en vérifier l'exactitude, d'en déduire les moyennes, les valeurs limites et les erreurs probables. Il ne suffit pas, dit-il, de connaître les causes d'un fait, il faut pouvoir mesurer leurs influences respectives, et il en fait l'application à divers éléments du système social. Enfin, dans un dernier chapitre, il présente un résumé général du sujet traité dans son ouvrage, et il en annonce un nouveau sur l'*Anthropologie*, qui contiendra spécialement des documents, réunis par lui depuis longtemps, sur la taille des hommes et leur développement sous le rapport des sciences et des beaux-arts. Le volume est terminé par 27 pages de notes en petits caractères, dans lesquelles l'auteur a rapporté divers témoignages intéressants, rendus par des savants ou hommes d'Etat célèbres, tels que Laplace, Fourier, Poisson, Horace Say, Villermé, Malthus, Sir John Herschel, Bravais, le prince Albert et un roi de Prusse, sur l'importance des recherches du genre de celles qui sont traitées dans son ouvrage.

Je ne puis énumérer ici, à beaucoup près, toutes les publications dues à M. Quetelet. Mais je ferai cependant encore mention de deux forts volumes in-8°, qui ont paru en 1864 et 1866, ayant pour titre : *Histoire des sciences mathématiques et physiques chez les Belges*, et dont le second volume étend cette histoire jusqu'au commencement du XIXme siècle. Une analyse sommaire du premier

Digitized by Google

de ces volumes a été insérée dans le numéro de décembre 1865 de nos *Archives*.

On peut, je crois, se faire l'idée, par ce qui précède, de l'étonnante activité laborieuse et persévérante que M. Adolphe Quetelet a déployée dans les diverses branches qu'il a embrassées, et son fils Ernest marche très-honorablement sur ses traces, en ce qui concerne les recherches astronomiques et météorologiques [1]. Outre les nombreux services que M. Quetelet le père a ainsi rendus à la science, il a encouragé les travaux particuliers de ses

[1] Je ne dois pas omettre de dire ici quelques mots sur un intéressant mémoire de M. Ernest Quetelet, publié en 1867 dans le tome XXXVI de ceux de l'Académie royale (où il occupe une centaine de pages in-4°) : *Sur la température de l'air à Bruxelles*, déduite des trente années d'observations comprises entre 1833 et 1862. Ce mémoire est divisé en trois sections, qui traitent : 1° de la variation diurne de la température, 2° de sa variation annuelle et de ses valeurs moyennes et extrêmes, 3° de ses variations secondaires, périodiques ou anomales, et il est terminé par un grand nombre de tableaux numériques. Je me bornerai à citer ici quelques-uns de ses résultats généraux.

Bruxelles, située à une vingtaine de lieues de la mer du Nord, à la latitude de 50°51', à la longitude en temps de 17m29s à l'Est de Greenwich, ou de 8m8s à l'Est de Paris, et à l'altitude en mètres de 55m,4, a une température moyenne de 9°,85 centigrades, dont la valeur n'a varié en totalité, pendant ces trente ans, que de 3°,29. L'amplitude moyenne de la variation diurne a été de 7°,37 ; de 7°,6 dans la première décade d'années, de 7°,39 dans la seconde et seulement de 7°,7 dans la troisième. Le *minimum* absolu a été de —18°,8 et le *maximum* de 34°,7. Le jour le plus froid a été en moyenne le 10 janvier et le plus chaud le 15 juillet. De 1833 à 1862, le mois de janvier s'est un peu échauffé et février s'est refroidi. Le nombre des jours froids dans chaque lunaison, a atteint en moyenne un *maximum* du septième au dixième jour de la lunaison et du vingt-troisième au vingt-cinquième, c'est-à-dire à l'époque de la plus grande hauteur de la Lune et un peu après celle de la plus petite hauteur ; mais ces résultats ont besoin d'être contrôlés au moyen de séries d'observations plus étendues.

Digitized by Google

adjoints, ceux de ses compatriotes et de savants étrangers, et il a entretenu de nombreuses correspondances scientifiques. Aussi est-il généralement connu et estimé, et il est membre d'un très-grand nombre de sociétés savantes d'Europe. Il a dignement servi un pays qui a des droits particuliers à notre intérêt, par l'analogie de sa neutralité avec celle de la Suisse.

Je m'estime heureux d'avoir pu rendre encore ici un faible hommage aux travaux et au caractère de cet ancien et savant ami.

Alfred GAUTIER.

Digitized by Google

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

C.-B. Greiss. Ueber Wærmeleitung, etc. Sur la conductibilité calorifique des corps organiques. (*Pogg. Annalen*, tome CXXXIX, p. 174.)

MM. de la Rive et de Candolle ont établi que les bois conduisent mieux la chaleur dans la direction de leurs fibres que dans une direction perpendiculaire. Plus tard, M. Knoblauch a vérifié leurs expériences, et a cru pouvoir avancer que la différence entre les conductibilités longitudinale et transversale est d'autant plus grande que l'espèce de bois sur laquelle on opère présente une plus faible densité. L'auteur du présent Mémoire a étendu ces observations à un grand nombre de substances organiques, et s'est principalement appliqué à étudier la forme qu'affecte dans ces différents corps la surface isotherme.

En ce qui concerne les bois, il reconnut que, sur les sections perpendiculaires aux fibres, la ligne isotherme est toujours sans exception un cercle, tandis que, sur les sections longitudinales, elle est une ellipse ayant son grand axe parallèle aux fibres. Pour les différents bois, la conductibilité est donc la même dans toutes les directions perpendiculaires aux fibres, et la surface isotherme est un ellipsoïde de révolution, dont l'axe est parallèle aux fibres. La loi énoncée par M. Knoblauch n'a point trouvé sa vérification dans les expériences de M. Greiss; ce dernier a observé, par exemple, que la surface isotherme est plus allongée dans le bois de noyer que dans le bois de sapin.

L'auteur a opéré, en outre, sur un grand nombre d'autres substances organiques, telles que les écorces, les feuilles, les racines, les fruits et les graines de différentes plantes, ainsi

Digitized by Google

que la peau, les viscères, la corne, les os, ou les coquilles de certains animaux, en étudiant la conductibilité calorifique dans différentes directions par la méthode de Sénarmont. Chaque expérience était répétée pour plus d'exactitude cinq ou six fois. Parmi les corps étudiés de la sorte, tous ceux qui ne présentaient que deux dimensions, telles que les feuilles ou les peaux, fournirent une courbe isotherme en forme d'ellipse plus ou moins allongée. Ceux dont on put obtenir différentes sections parallèles et perpendiculaires aux fibres donnèrent comme courbe isotherme sur les sections longitudinales et sans exception, une ellipse, sur les sections transversales, et, sauf un très-petit nombre d'exceptions, des cercles. Les ellipses les plus allongées furent fournies par les sections longitudinales de la pomme de terre. Nous avons vu que les sections longitudinales donnent toujours, comme lignes isothermes, des ellipses ayant leur grand axe parallèle aux fibres; le seul cas d'exception à cette règle que cite M. Greiss est le gland de chêne, qui donne une ellipse dont le grand axe est perpendiculaire aux fibres.

De ce travail il résulte donc ce qui suit : 1° chez tous les corps organiques, la conductibilité calorifique varie avec la direction; 2° la surface isotherme chez les corps organiques est presque toujours un ellipsoïde de révolution allongé, dont l'axe principal est parallèle aux fibres, rarement un ellipsoïde à trois axes différents. E. S.

E. Hagenbach. Ueber die Schmelzung, etc. De la fusion de projectiles en plomb qui viennent a frapper une plaque de fer. (*Poggend. Annal.*, tome CXL, p. 486; traduction.)

Au début de cette année, l'on fit à Bâle une série d'essais ayant pour but le remplacement des anciennes cibles en bois, pour les exercices de tir de l'infanterie, par des cibles en fer. L'on tira, dans cette occasion, sur de fortes plaques de tôle à la petite distance de 100 pas. Les balles coniques, en frappant

Digitized by Google

la tôle, produisaient à sa surface une déformation à peine appréciable, et tombaient ensuite tout près de la cible. En même temps, une portion très-notable de la balle se détachait par fusion du reste de la masse. L'on avait une preuve de ce dernier point dans le double fait que la balle avait laissé derrière elle, sur la tôle, une quantité de gouttelettes de plomb, rayonnant tout autour du point où elle avait frappé, et que le fragment de balle trouvé auprès de la cible ne pesait plus que 13 grammes, au lieu de 40 grammes, qui constituaient le poids total du projectile. Ce fragment présentait une déformation assez singulière, même un renversement complet. Le cône creux de la balle, avec sa pointe tournée vers la cible, était changé par le choc en un cône plein et aplati, dont la base coïncidait avec la surface de la tôle. Ce fait a un certain intérêt pour la théorie mécanique de la chaleur, car il constitue un exemple très-net de la transformation de la force vive du mouvement de translation d'un corps en travail moléculaire. Nous allons voir dans quelle mesure la théorie est capable de fournir une explication satisfaisante de l'expérience que nous venons d'exposer.

Au dire d'un militaire compétent, l'on peut admettre que la vitesse du projectile, dans ces conditions-là, était de 320 mètres; la force vive du mouvement de translation du corps $\frac{m v^2}{2}$ était donc égale à 209 kilogrammètres[1]; ce qui, en prenant 424 kilogrammètres pour l'équivalent mécanique de la chaleur, donne 0,49 calories. — Cherchons maintenant, d'autre part, quelle est la quantité de chaleur nécessaire pour produire la fusion partielle de la balle. Il a fallu avant tout que le poids total, savoir 40 grammes, fût élevé de la température initiale à une température égale au point de fusion du plomb (ou tout au moins très-voisine), et après cela il restait à fondre les 27 grammes qui se sont détachés de la

[1] Nous négligeons ici la force vive du mouvement de rotation de la balle, laquelle est proportionnellement très-faible.

Digitized by Google

balle. Si nous prenons 100 degrés pour la température initiale du projectile, laquelle a dû être élevée à peu près à ce point par la combustion de la poudre et le frottement contre les parois du canon, 335 degrés pour le point de fusion du plomb, 0,031 pour sa chaleur spécifique, et 5,37 pour sa chaleur latente de fusion, nous obtenons :

Pour le réchauffement.....	0,29	calories
Pour la fusion.....	0,15	»
Ensemble	0,44	»

De ce calcul il suit :

1° Que la théorie mécanique de la chaleur fournit une explication satisfaisante du fait dont il est ici question;

2° Que la force vive du mouvement de translation du corps a été presque tout entière transformée en chaleur; résultat qui était, il est vrai, facile à prévoir, puisque la tôle n'était presque pas déformée et que le projectile n'était renvoyé en arrière qu'avec une très-faible vitesse;

3° Que la plus grande portion de la chaleur a été employée à l'échauffement et à la fusion du plomb; cela aussi est facile à concevoir, parce que, grâce à la brièveté de l'expérience, il ne pouvait y avoir qu'une perte de chaleur excessivement faible par conductibilité ou par rayonnement.

A. Kundt. Ein Versuch ueber das gemeinschaftliche Sieden, etc. Une expérience sur l'ébullition simultanée de deux liquides qui ne sont pas susceptibles de se mélanger. (*Pogg. Ann.*, tome CXL, p. 489.)

Magnus et M. Régnault ont reconnu que deux liquides différents renfermés dans un même vase sans pouvoir se mélanger intimement bouillissent ensemble à une température inférieure au point d'ébullition de celui d'entre eux qui est le

[1] *Poggend. Annalen*, tome LXI, p. 250.

Digitized by Google

plus volatil. Cela tient à ce que, conformément à la loi de Dalton, la tension de leurs vapeurs mélangés à cette température et à l'état de saturation est égale à la somme des tensions maxima que possèdent ces deux liquides pris chacun séparément à cette température. L'expérience à l'aide de laquelle on établit ce fait est assez délicate. Ainsi il peut se faire que, contrairement à la loi, la température de l'ensemble des deux liquides soit supérieure au point d'ébullition du plus volatil d'entre eux, dans le cas où ce dernier se trouve recouvert par l'autre. De plus, il est difficile, selon la manière dont on s'y prend, d'obtenir dans la masse liquide et dans les vapeurs qui s'en échappent, une température bien égale.

Pour obvier à ces difficultés, et obtenir un résultat bien constant, l'auteur propose l'emploi d'un procédé déjà utilisé par Magnus, dans ses recherches sur la force nécessaire pour la production des vapeurs [1], et qui consiste à échauffer l'un des deux liquides par un courant de vapeur de l'autre liquide. En faisant, par exemple, dégager de la vapeur d'eau dans un vase plein de sulfure de carbone, M. Kundt produisit l'ébullition du mélange et obtint dans la masse liquide, aussi bien que dans les vapeurs qui en provenaient, une température parfaitement égale et constante, laquelle se maintint jusqu'à ce qu'il n'y eût plus du tout de sulfure de carbone dans le vase. Le point d'ébullition de ce corps étant 46°,6, celui du mélange se trouva être seulement de 42°,6. Il obtint exactement le même résultat en chauffant l'eau avec des vapeurs de sulfure de carbone.

A côté de cette méthode générale qu'il a appliquée à beaucoup d'autres cas, M. Kundt insiste plus particulièrement sur une expérience qui met très-brillamment en évidence la loi découverte par Magnus, et qui à cause de cela est très-appropriée à une démonstration dans un cours. Elle consiste simplement à verser les deux liquides l'un dans l'autre après les avoir amenés chacun séparément à une température telle que celle qui en résultera pour le mé-

Digitized by Google

lange soit un peu inférieure au point d'ébullition du plus volatil d'entre eux, mais suffisante pour le faire bouillir. A cet effet on aura, par exemple, dans un grand vase, de l'eau à 46°,6 environ, on plongera dans cette eau un verre plein de sulfure de carbone, qui s'échauffera par cette immersion; puis, quand il sera arrivé à 45° environ, on le versera dans l'eau. Il se produira alors une forte ébullition qui durera un certain temps. Quand elle aura cessé, on pourra la renouveler en remuant la masse liquide avec une baguette de verre, de manière à amener en contact des portions non encore refroidies des deux liquides. Jusqu'à 43° l'on aura une véritable ébullition; au-dessous il ne se formera plus que de petites bulles isolées. E. S.

F. Rüdorff. Ueber die Bestimmung, etc. Sur la détermination des points de fusion et de solidification des graisses et d'autres combinaisons. (*Pogg. Ann.*, tome CXL, p. 420.)

Il résultait d'un travail de M. Wimmel, dont nous avons rendu compte en son temps [1], que le point de fusion et le point de solidification d'un certain nombre de corps, et particulièrement des graisses, ne coïncident pas exactement; M. Rüdorff s'élève contre cette manière de voir et pense qu'elle provient d'un procédé d'expérimentation défectueux, qui fait prendre pour le point de fusion une température à laquelle le corps atteint un degré de viscosité plus ou moins avancé. Il n'est pas exact, par exemple, de prendre comme point de fusion d'une graisse la température à laquelle elle devient susceptible de se mouvoir dans un tube capillaire, ni la température à laquelle elle acquière une certaine transparence. Le seul procédé infaillible consiste à noter la température à laquelle un thermomètre plongé dans le corps demeure immobile, tandis que l'on continue à lui commu-

[1] Voyez *Archives*, 1868, tome XXXII, p. 145.

Digitized by Google

niquer ou à lui enlever de la chaleur. Or, en ce qui concerne les graisses, l'on rencontre dans l'application de ce procédé certaines difficultés qui proviennent soit de leur mauvaise conductibilité pour la chaleur, soit de leur viscosité, soit de ce qu'un certain nombre d'entre elles présentent à un haut degré le phénomène de la surfusion.

En effet, il existe un certain nombre de graisses, comme, par exemple la cire d'abeille, qui commencent à se solidifier à une température bien déterminée, laquelle se maintient dans toute la masse jusqu'à ce qu'elle soit entièrement prise. Pour celles-là l'on arrive facilement à déterminer leur point de solidification.

Il n'en est pas de même de celles qui présentent le phénomène de la surfusion, et qui, par suite de leur viscosité, peuvent être maintenues à l'état liquide fort au-dessous de leur point de solidification, même lorsqu'elles ont été déjà précédemment en partie solidifiées. L'on ne peut point, en effet, prendre pour le point de solidification la température à laquelle une hausse subite ramène le thermomètre au moment où la solidification se produit brusquement dans toute la masse; car cette température n'est point toujours la même. Il faut, dans ce cas, faire un assez grand nombre d'expériences, et parmi toutes ces mesures prendre comme point de solidification la température la plus élevée à laquelle une graisse est susceptible de revenir après la surfusion, c'est-à-dire la température la plus élevée à laquelle la solidification peut se produire.

L'auteur a appliqué ce procédé à un certain nombre de déterminations et en a obtenu de bons résultats. De plus, en plongeant un thermomètre dans une graisse dont on élevait lentement la température, et en évaluant exactement le point auquel il se produit un temps d'arrêt dans sa marche ascendante par l'absorption de chaleur latente, il a reconnu que le point de fusion est très-sensiblement le même que le point de solidification, et il propose alors d'exécuter la mesure

Digitized by Google

du second par la méthode ci-dessus indiquée, de préférence à celle du premier, qui offre un beaucoup plus grand nombre de causes d'incertitudes et d'erreurs. E. S.

R. Kœnig. Sur les notes fixes caractéristiques des diverses voyelles. (*Compte rendu* du 25 avril 1870, p. 931.)

La note caractéristique d'une voyelle est la note suivant laquelle la masse d'air renfermée dans la cavité buccale est susceptible de vibrer, lorsque la bouche est disposée pour cette voyelle. Lorsqu'elle sera donnée par un instrument quelconque devant la bouche, dans ces conditions-là, cette note devra en être renforcée. Pour chaque voyelle, quelle que soit la note fondamentale, sur laquelle on la prononce, il existe une note de plus forte résonnance, et une seule, laquelle est parfaitement fixe. Pour déterminer la note correspondante aux différentes voyelles, M. Helmholtz faisait vibrer une série de diapasons devant la bouche ouverte, pour l'émission d'une de ces voyelles, jusqu'à ce qu'il s'en trouvât un dont le son était renforcé par le voisinage de la bouche ainsi disposée et qui donnait alors exactement la note cherchée. Il a établi de la sorte, avec une grande précision, que les notes caractéristiques de l'A, de l'O et de l'E sont le $(si^{b})_4$, le $(si_{b})_3$ et le $(si^{b})_5$. N'ayant pas de diapason assez aigu pour chercher la note correspondante à l'I, il avait cru pouvoir la déterminer par un autre procédé, lequel était loin de présenter la même exactitude, et il s'était arrêté au $ré_6$ comme note caractéristique de cette voyelle. M. Kœnig, ayant construit un diapason assez aigu pour appliquer, au cas de cette voyelle, le procédé employé par M. Helmholtz, pour les autres, trouva pour cette note, non point le $ré_6$, mais le $(si^{b})_6$. Il reprit également les recherches de M. Donders, concernant la note caractéristique de la voyelle allemande OU, et il établit, avec une grande exactitude, en employant pour cela un diapason à curseur, que la note correspondante à cette dernière voyelle n'est point le fa_3, comme

Digitized by Google

l'avait cru M. Donders, ni même le fa_2 donné par M. Helmholtz, mais le $(si^b)_2$. Les rapports simples déjà constatés par M. Helmholtz entre les notes caractéristiques de l'O, de l'A et de l'E, existent donc également entre les notes de ces trois voyelles et celles de l'OU et de l'I, et les cinq voyelles principales sont caractérisées comme suit :

OU	O	A	E	I
$(si^b)_2$	$(si^b)_3$	$(si^b)_4$	$(si^b)_5$	$(si^b)_6$

soit en nombre dans des vibrations simples : 450, 900, 1800, 3600, 7200. Après avoir énoncé ce résultat, assurément fort remarquable, M. Kœnig ajoute :

« Il me paraît plus que probable qu'il faut chercher dans la simplicité de ces rapports la cause physiologique qui fait que nous retrouvons toujours à peu près les mêmes cinq voyelles dans les différentes langues, quoique la voix humaine en puisse produire un nombre indéfini, comme les rapports simples entre les nombres de vibrations expliquent l'existence des mêmes intervalles musicaux chez la plupart des peuples. » E. S.

CHIMIE.

Julius Thomsen. Recherches sur les chaleurs spécifiques des dissolutions aqueuses des combinaisons chimiques. (*Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin*, 1870, p. 716.)

On ne possède jusqu'ici, sur les chaleurs spécifiques des dissolutions, qu'un petit nombre d'observations dues à MM. Person, Andrews et Schüller, et faites par des méthodes qui, suivant M. Thomsen, ne permettent pas une grande exactitude.

Ce savant s'est livré sur ce sujet à des recherches fort étendues, car il a étudié environ 150 dissolutions ; il en publiera prochainement les résultats, et se borne pour le moment à en signaler une faible partie.

Digitized by Google

Il a employé pour ces déterminations une méthode nouvelle, qui consiste à chauffer les liqueurs, dans un calorimètre d'environ un litre de capacité, par la chaleur dégagée par la combustion d'un volume déterminé d'hydrogène. L'appareil, assez compliqué, est disposé de manière que l'élévation de température soit toujours proportionnelle au temps, ce qui permet de compenser exactement l'influence de l'air. Il estime à 2 pour 1000 près l'exactitude des résultats obtenus.

Les tableaux suivants font connaître les résultats obtenus pour quelques acides et quelques alcalis. Ils renferment les chaleurs spécifiques pour l'unité de poids, et les chaleurs spécifiques moléculaires des dissolutions, c'est-à-dire le produit de la chaleur spécifique par le poids moléculaire correspondant à la formule chimique admise. A côté de celles-ci, on a indiqué la chaleur spécifique moléculaire de l'eau contenue dans la dissolution. Une dernière colonne renferme les différences entre ces deux grandeurs, c'est-à-dire les quantités dont la présence de la substance dissoute augmente ou diminue la chaleur spécifique de l'eau.

Les déterminations sont faites pour la température de 18°.

I. *Acide sulfurique*, $SO^3 + \alpha H^2O$.

α	Chaleur spécifique.	Poids moléculaire.	Chaleur moléculaire.	Chaleur de l'eau.	Différences.
5	0,545	170	92,7	90	+2,7
10	0,700	260	182,0	180	+2,0
20	0,820	440	360,8	360	+0.8
50	0,918	980	899,6	900	—0,4
100	0,955	1880	1795	1800	—5
200	0,976	3680	3591	3600	—9

On voit que des dissolutions étendues exigent, pour s'échauffer, moins de chaleur que l'eau seule contenue dans ces dissolutions.

Digitized by Google

II. *Acide azotique*, $HAzO^3 + \alpha H^2O$.

α	Chaleur spécifique.	Poids moléculaire.	Chaleur moléculaire.	Chaleur de l'eau.	Différences.
10	0,767	243	186,4	180	+6,4
20	0,848	423	358,7	360	—1,3
50	0,929	963	895	900	—5
100	0,962	1863	1792	1800	—8
200	0,981	3663	3592	3600	—8

Même observation que pour l'acide sulfurique.

III. *Acide chlorhydrique*, $HCl + \alpha H^2O$.

α	Chaleur spécifique.	Poids moléculaire.	Chaleur moléculaire.	Chaleur de l'eau.	Différences.
10	0,748	216,5	162,0	180	—18,0
20	0,854	396,5	338,5	360	—21,5
50	0,931	936,5	872	900	—28
100	0,963	1836,5	1769	1800	—31
200	0,978	3636,5	3557	3600	—43

Une dissolution d'acide chlorhydrique exige donc toujours moins de chaleur, pour son échauffement, que l'eau qu'elle contient. La différence s'élève jusqu'à 10 p. 100 pour la première dissolution qui renferme environ 17 p. 100 d'acide.

IV. *Acide tartrique*, $C^4H^6O^6 + \alpha H^2O$.

α	Chaleur spécifique.	Poids moléculaire.	Chaleur moléculaire.	Chaleur de l'eau.	Différences.
10	0,745	330	246,0	180	+66,0
20	0,831	510	423,9	360	+63,9
50	0,910	1050	955	900	+55
100	0,951	1950	1854	1800	+54
200	0,974	3750	3652	3600	+52

Ainsi, une dissolution d'acide tartrique exige toujours plus de chaleur pour s'échauffer que l'eau qui y est contenue. L'auteur attribue ce fait à la présence de l'eau (ou plutôt des éléments de l'eau) entrant dans la composition de l'acide lui-même.

Digitized by Google

V. *Potasse caustique*, $KHO + \alpha H^2O$.

α	Chaleur spécifique.	Poids moléculaire.	Chaleur moléculaire.	Chaleur de l'eau.	Différences.
30	0,876	596	522	540	—18
50	0,915	956	875	900	—25
100	0,954	1856	1770	1800	—30
200	0,974	3656	3561	3600	—39

VI. *Soude caustique*, $NaHO + \alpha H^2O$.

α	Chaleur spécifique.	Poids moléculaire.	Chaleur moléculaire.	Chaleur de l'eau.	Différences.
7,5	0,846	175	148,0	135	+13,0
15	0,878	310	272,2	270	+ 2,2
30	0,919	580	533	540	— 7
50	0.942	940	885	900	—15
100	0,967	1840	1779	1800	—21
200	0,982	3640	3575	3600	—25

Les dissolutions de potasse et de soude se comportent donc comme celles des acides. Au delà d'un certain degré de dilution, la chaleur spécifique est moindre que celle de l'eau qui y est contenue. Les différences sont toujours plus grandes pour les dissolutions de potasse que pour celles de soude.

VII. *Ammoniaque caustique*, $AzH^5O + \alpha H^2O$.

α	Chaleur spécifique.	Poids moléculaire.	Chaleur moléculaire.	Chaleur de l'eau.	Différences.
30	0,9965	575	573,0	540	+33,0
50	0,9975	935	932,7	900	+32,7
100	0,9984	1835	1832,1	1800	+32,1

Les dissolutions d'ammoniaque ont donc une chaleur spécifique qui est toujours supérieure à celle de l'eau qu'elles renferment. Ce fait est dû, suivant M. Thomsen, comme pour l'acide tartrique, à l'influence des éléments de l'eau et surtout de l'hydrogène.

L'auteur termine par les observations suivantes :

« Ces exemples suffisent pour donner une idée de ces recherches. Le grand nombre de dissolutions que j'ai examinées, et pour lesquelles je dois renvoyer à mon Mémoire dé-

Digitized by Google

taillé, ont toutes présenté des résultats analogues aux précédents. La conséquence la plus générale qui en résulte est que:

« *Lorsqu'une dissolution aqueuse est mélangée d'eau, il en résulte une liqueur dont la chaleur moléculaire est moindre que la somme des chaleurs moléculaires des liquides mélangés, soit que ce mélange ait été accompagné d'une absorption ou d'un dégagement de chaleur.*

« Des recherches ultérieures apprendront si cette loi est vraie pour toute température; mais elle est générale à la température de 18° pour laquelle j'ai déterminé les chaleurs spécifiques.

« Il résulte de cette loi que *le mélange de l'eau avec une dissolution aqueuse dégage toujours de la chaleur;* si ce dégagement ne se manifeste pas au thermomètre, c'est qu'il est employé à un changement dans la constitution moléculaire (travail intérieur) des dissolutions.

« *La chaleur spécifique est en relation intime avec les poids spécifiques;* les limites de cette communication ne me permettent pas d'aborder le détail de cette relation. Je me borne à signaler que j'ai déterminé les densités et, par suite, les volumes moléculaires de toutes les dissolutions dont j'ai pris les chaleurs spécifiques, et qu'il résulte de ces recherches la loi suivante:

« *La dilution d'une dissolution aqueuse donne lieu à une liqueur dont le volume moléculaire est toujours moindre que la somme des volumes des liquides mélangés, soit que ce mélange ait été accompagné d'une absorption ou d'un dégagement de chaleur; en un mot, il y a toujours contraction.*

« Cette contraction est en rapport intime avec la diminution de la chaleur moléculaire; ces deux phénomènes doivent avoir pour effet un dégagement de chaleur; si, cependant, la dilution d'une dissolution est souvent accompagnée d'une absorption de chaleur, cela tient à ce qu'il y a une consommation de travail intérieure produite par un changement moléculaire ou une décomposition. »

Digitized by Google

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

N. Lieberkühn. Die Bewegungserscheinungen, etc. Les phénomènes du mouvement des cellules animales. (*Schriften d. Ges. z. Beförd. d. gesammt. Naturw. zu Marburg*, 1870, Band IX.)

Le Mémoire de M. Lieberkühn contient une foule d'observations sur les phénomènes encore si obscurs de la vie intracellulaire. Il est difficile de les coordonner en un tout, bien qu'elles aient sans exception trait à un sujet commun. Nous allons cependant essayer d'esquisser les faits principaux avec l'aide de M. Lieberkühn lui-même.

Schwann avait été déjà frappé de la ressemblance du tissu de la chorde dorsale avec celui des cellules végétales. Cette comparaison n'a fait que se confirmer depuis lors. La substance fondamentale chondrogène du tissu de la chorde correspond à l'enveloppe de cellulose de la cellule végétale; les masses de protoplasma adhérentes à la paroi interne de la capsule, laissent apercevoir parfois des mouvements et des contractions comme on en connaît dans les cellules des plantes; ce protoplasma enserre un liquide homologue du liquide de la cellule végétale, à travers lequel sont tendus souvent des filaments de protoplasma granuleux susceptibles de changements de forme. Les nucléus sont appliqués contre la paroi. A une époque postérieure du développement, le protoplasma granuleux disparaît, et il ne subsiste plus qu'une substance écumeuse qui finit par disparaître à son tour. De très-petites granulations qu'on trouve parfois dans le liquide cellulaire montrent par leur mouvement moléculaire qu'elles sont placées dans un milieu très-liquide, et leur mouvement de progression prouve qu'il existe dans ce liquide des courants déterminés.

Une grande partie des recherches de M. Lieberkühn portent sur les relations du liquide cellulaire et du protoplasma chez les Spongilles. Ces deux éléments peuvent se séparer l'un de l'autre, au point de donner naissance à une sorte d'écume

Digitized by Google

dans laquelle de petites vacuoles peuvent se réunir entre elles pour en former de plus grandes. Parfois même on trouve une seule vacuole très-grande dans chaque cellule. Celles-ci renferment dans ce cas un liquide transparent, et le nucléus est toujours placé dans le protoplasma qui l'entoure. Ce dernier peut étendre en sens divers des sortes de pseudopodes amœboïdes. Cette séparation du protoplasma et du liquide cellulaire peut disparaître à son tour complétement, ou bien il peut rester seulement quelques petites vacuoles dans le protoplasma de la cellule, et alors ces vacuoles se contractent subitement comme les vésicules contractiles des infusoires. Malgré les assertions contraires, M. Lieberkühn maintient l'opinion que la substance contractile des Spongilles est formée en totalité par l'agrégation de cellules indépendantes. C'est ce qu'il démontre en portant une Spongille à la température d'environ 60°. On voit alors les cellules se contracter et se séparer les unes des autres en petites masses isolées, munies chacune d'un nucléus. Les cellules de Spongilles peuvent, dans certains cas, reproduire, comme le tissu de la chorde, le schéma des cellules végétales. C'est ce qui arrive lors de la formation des parties siliceuses de l'enveloppe des gemmules. En effet, à la surface du protoplasma mou des cellules se sécrète une enveloppe dure de spongine, qui finit par subsister seule avec le corps siliceux formé à l'intérieur, tandis que le protoplasma s'atrophie. Il est certain que les vacuoles des cellules de Spongilles sont remplies d'un liquide très-peu dense, car les granules qui y pénètrent entrent en mouvement moléculaire comme dans les vacuoles des cellules de la chorde.

Des phénomènes très-semblables à ceux décrits chez les cellules de Spongilles ont été observés par M. Lieberkühn chez les corpuscules incolores du sang des salamandres et des tritons. Dans le cours d'une même journée, un de ces corpuscules peut prendre une apparence écumeuse par suite de l'abondance des vacuoles, ou bien réunir tout le liquide cellulaire en une grande vacuole unique, autour de laquelle

Digitized by Google

la substance contractile avec son noyau est disposée comme une épaisse membrane. Même sous cette forme, le corpuscule incolore du sang peut exécuter des mouvements et envelopper des corpuscules rouges, exactement comme des Amibes, une *Monas amyli*, ou une Actinophrys avalent des corps étrangers.

Des phénomènes analogues se passent aussi dans les cellules pigmentaires de la peau des larves de grenouilles et de crapauds. Là aussi apparaissent de grandes vacuoles tenant en suspension des granules pigmentaires dansant vivement, et la cellule peut présenter des mouvements amœbéens.

Il est urgent de ne pas confondre, dans tous les cas que nous venons d'énumérer, les phénomènes vitaux avec ceux qui ne le sont pas. Les mouvements moléculaires sont considérés aujourd'hui avec raison comme n'ayant rien à faire avec la vie; mais on admet généralement que les mouvements amœboïdes des cellules sont un phénomène vital. M. Lieberkühn rejette cette idée comme fausse, et montre, par des observations faites sur les gemmules des éponges, que des cellules mortes peuvent exercer des mouvements amœboïdes. Lorsqu'on ajoute un peu de glycérine ou de sel de cuisine à l'eau dans laquelle vit une spongille, le corps de celle-ci se contracte énergiquement, perd sa transparence, et toutes les manifestations vitales cessent pour ne plus reparaître. Écrase-t-on une gemmule dans de la glycérine, les cellules s'en échappent comme un amas de granules parfaitement immobiles. Ces cellules sont bel et bien mortes et nullement capables de se développer, comme le feraient les cellules d'une gemmule écrasée dans l'eau. Et pourtant ces cellules mortes présentent des mouvements amœboïdes dès qu'on ajoute un peu d'eau à la glycérine. En revanche, on n'a encore jamais vu une cellule morte en envelopper une autre, comme un corpuscule incolore du sang en enveloppe un rouge. E. C.

Digitized by Google

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE SEPTEMBRE 1870.

Le 1, forte rosée le matin.

3, de midi 20 m. à 2 $^1/_2$ h.; succession d'orages accompagnés d'éclairs et de tonnerres suivant la direction de l'OSO. à ENE.; le maximum d'intensité a eu lieu vers 1 h., très-forte averse à ce moment. Plus tard, de 4 h. à 4$^3/_4$ h. éclate encore un orage, accompagné de nombreuses décharges électriques, mais sans pluie, direction SSO. à ENE.

5, forte rosée le matin et le soir.

6, forte rosée le matin; de 2$^3/_4$ h. à 3$^1/_4$ h. un orage éclate à l'Ouest de l'Observatoire; éclairs et tonnerres sans pluie. Un autre orage éclate au SE. de 3$^1/_4$ h. à 3$^1/_2$ h.

7, succession d'orages de 5$^3/_4$ h. à 9$^1/_4$ h. du soir; le plus violent accompagné de fortes décharges électriques éclate de 7$^1/_2$ h. à 9$^1/_4$ h., précédé d'un fort coup de vent du Sud.

8, le sommet du Môle est blanchi par une légère couche de neige, qui disparaît le lendemain; dans la soirée couronne lunaire.

11, de 7$^1/_2$ h. à 9$^1/_2$ h. du soir orage accompagné de décharges électriques, maximum d'intensité de 8 h. à 8 h. 10 m., direction de l'orage SSO. à NE.

12, forte rosée le soir.

13, brouillard le matin jusque vers midi; faible halo solaire de midi $^1/_4$ à 5 h.

14, forte rosée le matin.

15, 16, forte bise, très-forte le 16.

20, rosée le matin et le soir; faible halo solaire partiel de 10$^1/_2$ h. à 11$^3/_4$ h.

21, brouillard le matin et le soir; forte rosée le matin.

22, forte rosée le matin; la bise se lève avec force depuis midi. Hale très-prononcé, les Voirons et le Jura sont à peine visibles.

24, forte rosée le matin et le soir.

25, id. id.

26, id. id.

27, forte rosée le matin et brouillard.

29, forte rosée le matin.

30, id.

Digitized by Google

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

		mm
Le 4 à 10 h. soir		731,00
8 à 10 h. soir		730,16
11 à 10 h. matin		731,51
17 à 8 h. matin		736,32
21 à 8 h. matin		734,56
24 à 8 h. matin		736,24

MINIMUM.

		mm
Le 3 à	midi	723,16
7 à	6½ h. soir	716,15
9 à	5 h. soir	726,90
14 à	2 h. après m.	726,28
19 à	6 h. matin	730,26
22 à	4 h. après m.	728,38
26 à	4 h. après m.	72

Digitized by Google

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm.
1	728,00	+ 0,34	+14,18	—2,19	+ 6,7	+20,4	9,32	—0,89	768	+ 26	560	950	...	...	N. 1	0,20	16,7	— 1,5	173
2	725,47	— 2,16	+20,39	+4,13	+15,5	+23,2	8,85	—1,32	529	—215	310	740	...	...	SSO. 2	0,58	17,3	— 0,8	170
3	724,67	— 2,93	+18,27	+2,12	+13,7	+22,9	9,88	—0,25	676	— 71	470	990	21,9	3	S. 1	0,77	17,3	— 0,8	165
4	729,77	+ 2,20	+16,64	+0,60	+12,8	+22,3	9,00	—1,09	663	— 86	430	870	...	...	SO. 1	0,49	—	—	165
5	728,80	+ 1,25	+14,58	—1,34	+ 7,0	+22,2	9,85	—0,20	797	+ 45	510	980	...	...	N. 1	0,21	16,7	— 1,2	165
6	722,72	— 4,81	+15,28	—0,52	+10,2	+21,4	10,40	+0,39	808	+ 54	630	950	4,0	4	variable	0,87	16,8	— 1,1	165
7	719,40	— 8,10	+14,57	—1,11	+10,3	+18,9	10,76	+0,79	881	+124	680	960	27,4	11	N. 1	0,84	16,7	— 1,1	167
8	727,89	+ 0,42	+12,30	—3,26	+ 9,5	+17,1	7,07	—2,86	686	— 73	480	770	0,1	1	S. 2	0,54	13,8	— 4,0	168
9	728,35	+ 0,91	+15,35	—0,08	+ 7,7	+21,2	8,73	—1,16	667	— 95	550	830	0,7	2	variable	0,89	10,9	— 6,8	170
10	728,50	+ 1,09	+18,67	+3,37	+17,3	+21,7	11,21	+1,36	730	— 34	570	810	0,4	1	SSO. 1	0,89	10,3	— 7,3	170
11	730,87	+ 3,49	+14,30	—0,86	+13,2	+17,5	10,67	+0,86	903	+136	750	970	4,2	3	N. 1	0,91	—	—	170
12	730,58	+ 3,22	+15,10	+0,07	+13,0	+19,5	10,08	+0,31	809	+ 40	560	950	...	...	N. 1	0,41	11,9	— 5,6	170
13	729,08	+ 1,75	+16,01	+1,12	+11,0	+23,0	10,34	+0,61	760	— 11	410	1000	...	...	SO. 1	0,79	16,0	— 1,5	170
14	726,78	— 0,52	+16,88	+2,13	+12,1	+23,2	8,78	—0,91	644	—130	420	880	...	...	SSO. 1	0,87	16,3	— 1,1	170
15	729,92	+ 2,66	+13,48	—1,13	+11,0	+17,1	7,07	—2,59	649	—128	410	960	0,9	2	NNE. 2	0,16	16,1	— 1,2	170
16	733,43	+ 6,20	+11,94	—2,54	+ 8,8	+16,2	6,23	—3,38	626	—153	420	790	...	...	NNE. 3	0,03	15,8	— 1,5	170
17	735,41	+ 8,22	+11,62	—2,73	+ 8,7	+16,7	6,80	—2,75	704	— 78	370	850	...	...	N. 1	0,14	15,8	— 1,4	167
18	732,30	+ 5,14	+11,77	—2,44	+ 4,3	+17,9	7,50	—1,99	730	— 55	490	950	...	...	NNE. 1	0,22	—	—	164
19	730,72	+ 3,60	+13,04	—1,04	+12,1	+16,1	7,95	—1,49	739	— 48	610	820	...	...	NNE. 2	0,74	15,7	— 1,3	160
20	733,73	+ 6,64	+11,81	—2,14	+ 5,7	+17,9	8,93	—0,45	854	+ 64	640	960	...	...	variable	0,08	15,6	— 1,3	158
21	733,32	+ 6,26	+13,00	—0,80	+ 5,1	+20,0	8,65	—0,68	779	— 13	530	1000	...	...	variable	0,38	15,7	— 1,1	156
22	729,62	+ 2,60	+13,52	—0,13	+ 7,7	+19,0	8,26	—1,01	728	— 67	560	950	...	...	N. 2	0,14	15,8	— 0,9	155
23	732,98	+ 5,99	+10,24	—3,27	+ 7,8	+14,0	7,56	—1,65	845	+ 48	670	960	...	...	NE. 1	0,54	15,5	— 1,1	153
24	735,51	+ 8,56	+10,25	—3,11	+ 4,9	+15,4	7,24	—1,92	778	— 21	600	910	...	...	variable	0,16	15,7	— 0,8	150
25	734,21	+ 7,29	+11,77	—1,44	+ 5,0	+18,1	8,40	—0,70	813	+ 12	600	980	...	...	N. 1	0,12	—	—	143
26	730,76	+ 3,87	+11,53	—1,53	+ 6,1	+16,5	8,70	—0,35	857	+ 54	670	980	...	...	variable	0,18	15,8	— 0,5	145
27	730,93	+ 4,08	+11,16	—1,75	+ 6,8	+15,9	9,00	+0,01	907	+102	730	990	...	...	N. 1	0,64	15,6	— 0,6	144
28	732,77	+ 5,95	+13,39	+0,64	+ 9,9	+17,8	9,08	+0,15	812	+ 5	590	940	...	...	NNE. 1	0,56	15,6	— 0,5	143
29	733,14	+ 6,36	+11,48	—1,12	+ 5,9	+17,8	8,76	—0,12	865	+ 56	600	980	...	...	N. 1	0,21	15,7	— 0,3	141
30	733,35	+ 6,60	+12,10	—0,35	+ 7,5	+16,9	7,55	—1,27	731	— 80	550	870	...	...	N. 1	0,40	15,7	— 0,2	140

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	726,82	726,99	726,90	726,31	726,04	725,53	725,56	726,60	727,46
2e «	731,51	731,78	731,84	731,42	730,89	730,56	730,63	731,22	731,35
3e «	732,95	733,33	733,30	732,81	732,14	731,78	731,98	732,47	732,77
Mois	730,42	730,70	730,68	730,18	729,69	729,29	729,39	730,10	730,52
Température.									
	°		°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+12,69	+15,36	+17,51	+18,79	+19,03	+20,11	+18,50	+16,73	+15,39
2e «	+10,50	+12.73	+14,55	+16,29	+17,55	+17,27	+15,86	+14,09	+12,69
3e «	+ 7,46	+10,55	+13,51	+14,91	+16,04	+16,58	+15,11	+12,57	+10,62
Mois	+10,22	+12,88	+15,19	+16,66	+17,54	+17,99	+16,49	+14,46	+12,90
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1er décade	8,80	9,37	9,41	9,35	9,72	9,93	10,62	9,98	9,82
2e «	8,66	9,04	8,83	8,28	8,27	8,04	8,87	8,70	8,65
3e «	7,30	8,14	8,75	8,57	8,70	8,73	9,06	8,76	8,31
Mois	8,25	8,85	9,00	8,73	8,90	8,90	9,52	9,14	8,93
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	813	719	634	583	610	577	669	712	763
2e «	896	815	708	603	551	549	645	718	786
3e «	941	856	757	683	647	623	709	810	873
Mois	883	797	700	623	603	583	674	747	807

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	cm
1re décade	+11,07	+21,33	0,63	15,17	54,5	167,8
2e «	+ 9,99	+18,51	0,44	15,40	5,1	166,9
3e «	+ 6,67	+17,14	0,33	15,57	0,0	147,0
Mois	+ 9,24	+18,99	0,47	15,42	59,6	160,6

Dans ce mois, l'air a été calme 3,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,40 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 14°,7 O., et son intensité est égale à 23,1 sur 100.

Digitized by Google

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE SEPTEMBRE 1870.

Le 1, brouillard depuis 10 h. du soir.
2, id. jusqu'à 10 h. du matin et à 2 h. de l'après-midi.
3, id. une partie de la journée.
4, id. depuis 4 h. du soir.
5, id. depuis 6 h. du soir.
6, id. tout le jour.
7, id. toute la journée ; entre 9 h. et 9 1/2 h. du soir des éclairs et tonnerres au N.
8, id. jusqu'à 2 h. de l'après-midi.
10, id. à peu près tout le jour.
11, id. jusqu'à 8 h. du matin.
14, id. depuis 4 h. du soir.
15, id. la plus grande partie de la journée.
16, id. à 6 h. du matin et à 8 h. du soir.
18, id. depuis 6 h. du soir.
19, id. à 6 h. du matin et depuis 6 h. du soir.
24, id. jusqu'à 8 h. du matin.
25, id. dans la soirée.
26, id. la plus grande partie de la journée.
27, id. à 10 h. du matin et à 8 h. du soir.
28, id. à 6 h. du matin et depuis 4 h. du soir.
30, id. depuis 2 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM

	mm
Le 1 à 8 h. matin	568,52
5 à 10 h. soir	570,61
10 à 10 h. soir	572,12
17 à 8 h. soir	571,23
20 à 10 h. soir	572,58
24 à 8 h. soir	573,17
30 à 10 h. soir	572,71

MINIMUM.

	mm
Le 3 à 2 h. après midi	566,51
7 à 10 h. soir	560,66
15 à 6 h. matin	565,36
19 à 6 h. matin	567,61
22 à 4 h. après m.	568,38
27 à 6 h. matin	568,41

Digitized by Google

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim			
1	567,87	— 0,28	567,66	568,52	+ 5,20	+ 0,12	+ 1,2	+ 8,4	.....	.....	....	SO. 1	0,39
2	567,03	— 1,07	566,87	567,62	+ 5,89	+ 0,90	+ 2,8	+10,0	.....	.....	....	SO. 1	0,76
3	567,00	— 1,04	566,51	568,07	+ 4,60	— 0,30	+ 2,0	+ 8,7	.....	16,1	4	SO. 1	0,79
4	568,47	+ 0,49	567,57	569,41	+ 2,97	— 1,84	+ 0,8	+ 6,3	.....	.. ..	....	NE. 1	0,57
5	569,94	+ 2,02	569,32	570,61	+ 6,16	+ 1,44	+ 4,9	+ 8,2	.....	.....	....	SO. 1	0,39
6	567,61	— 0,25	566,02	569,02	+ 4,04	— 0,58	+ 3,4	+ 5,4	.....	16,8	6	SO. 2	0,98
7	563,42	— 4,37	560,66	565,28	+ 4,11	— 0,41	+ 3,0	+ 5,3	.....	.. ..	....	SO. 2	1,00
8	564,68	— 3,04	560,67	567,62	— 2,07	— 6,49	— 3,0	0,0	.....	41,6	8	NE. 2	0,68
9	568,88	+ 1,23	567,95	569,43	+ 6,28	+ 1,96	+ 2,4	+ 9,1	.....	.....	....	SO. 1	0,53
10	569,22	+ 1,64	568,34	572,12	+ 6,26	+ 2,05	+ 5,2	+ 8,6	.....	4,3	1	NE. 1	0,92
11	570,33	+ 2,82	569,84	570,74	+ 7,98	+ 3,88	+ 5,2	+10,5	.....	6,3	7	NE. 1	0,93
12	569,57	+ 2,13	569,36	569,98	+ 6,84	+ 2,85	+ 5,8	+ 9,3	.....	.....	....	NE. 1	0,33
13	568,67	+ 1,30	568,29	569,20	+ 6,11	+ 2,23	+ 3,8	+ 8,2	.....	.....	....	NE. 1	0,28
14	566,68	— 0,62	566,08	567,25	+ 5,95	+ 2,19	+ 1,8	+10,1	.....	3,0	2	NE. 2	0,80
15	566 28	— 0,94	565,35	567,21	— 1,36	— 5,00	— 2,9	+ 0,8	.....	.....	....	NE. 2	0,90
16	568,85	+ 1,71	567,27	570,38	— 1,68	— 5,20	— 3,8	+ 0,4	.....	.....	....	NE. 1	0,26
17	570,90	+ 3,84	570,40	571,23	+ 1,25	— 2,15	— 1,7	+ 3,5	.....	....	....	NE. 1	0,01
18	569,29	+ 2,31	568,62	569,94	+ 2,25	— 1,02	+ 1,0	+ 4,6	.....	.....	....	NE. 1	0,40
19	568,53	+ 1,63	567,61	569,79	+ 3,88	+ 0,73	+ 1,8	+ 6,0	.....	.....	....	SO. 1	0,46
20	571,76	+ 4,94	570,38	572,58	+ 3,74	+ 0,72	+ 1,2	+ 6,4	.. ..	.....	....	NE. 1	0,03
21	571,73	+ 4,99	570,90	572,41	+ 5,82	+ 2,93	+ 4,2	+ 8,4	.....	.....	....	NE. 1	0,21
22	568,73	+ 2,08	568,38	569,30	+ 4,97	+ 2,21	+ 4,0	+ 7,2	.....	.....	....	NE. 1	0,19
23	570,23	+ 3,67	568,94	571,20	+ 3,60	+ 0,97	+ 1,2	+ 6,3	. ...	.....	....	NE. 1	0,12
24	572,38	+ 5,90	571,48	573,17	+ 3,63	+ 1,13	+ 1,2	+ 6,1	.....	.....	....	NE. 1	0,22
25	571,56	+ 5,16	570,83	572,49	+ 3,65	+ 1,29	+ 2,3	+ 6,2	.....	.....	....	NE. 1	0,27
26	568,74	+ 2,43	568,62	569,08	+ 3,29	+ 1,07	+ 1,8	+ 5,4	.....	.....	....	NE. 1	0,71
27	569,01	+ 2,79	568,41	569,76	+ 2,54	+ 0,46	+ 0,8	+ 6,0	.....	.....	....	variable	0,51
28	570,21	+ 4,08	569,62	570,81	+ 2,16	+ 0,22	+ 0,3	+ 4,3	.....	.....	....	variable	0,51
29	570,83	+ 4,79	570,77	571,17	+ 3,64	+ 1,84	+ 0,5	+ 7,8	.....	.....	....	variable	0,03
30	571,31	+ 5,36	570,69	572,71	+ 3,19	+ 1,53	+ 1,0	+ 5,8	.....	.....	....	SO. 1	0,49

Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
				Baromètre.					
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	567,00	567,42	567 68	567,69	567,54	567,56	567,41	567,59	567,72
2e »	568,62	569,05	569,26	569,28	569,26	569,29	569,20	569,34	569,38
3e »	570,27	570,46	570,66	570,65	570,53	570,48	570,55	570,72	570,81
Mois	568,63	568,97	569,20	569,20	569,11	569,11	569,05	569,22	569,33
				Température.					
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+ 2,79	+ 3,58	+ 5,03	+ 6,21	+ 6,83	+ 5,87	+ 4,95	+ 4,19	+ 3,97
2e »	+ 2,01	+ 3,46	+ 4,79	+ 5,61	+ 5,46	+ 4,68	+ 3,92	+ 3,11	+ 2,76
3e »	+ 1,96	+ 3,36	+ 5,02	+ 6,00	+ 5,82	+ 4,90	+ 3,69	+ 3,45	+ 2,97
Mois	+ 2,25	+ 3,47	+ 4,95	+ 5,94	+ 6,04	+ 5,15	+ 4,19	+ 3,58	+ 3,23

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade	+ 2,27	+ 7,00	0,70	78,8	—
2e »	+ 1,22	+ 5,98	0,44	9,3	—
3e »	+ 1,73	+ 6,35	0,33	0,0	—
Mois	+ 1,74	+ 6,44	0,49	88,1	—

Dans ce mois, l'air a été calme 6,3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,64 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 24,8 sur 100.

* Voir la note du tableau.

Digitized by Google

Digitized by Google

ÉTUDES SUR LA GÉOLOGIE
DES ALPES

Par ERNEST FAVRE

I
LE MASSIF DU MOLÉSON
ET
LES MONTAGNES ENVIRONNANTES
DANS LE CANTON DE FRIBOURG

Le groupe de montagnes qui est le sujet de cette étude est compris entre Châtel-Saint-Denis et la vallée de la Sarine; il se compose du Niremont et des Corbettes, qui forment le prolongement de la chaîne de la Berra, du massif du Moléson et d'une partie de la chaîne des Verreaux; j'ajouterai à la description de ces montagnes quelques détails relatifs à la chaîne du Mont-Cray.

Pour la géologie de cette région, de même que pour celle d'une grande partie de la Suisse, nous devons en premier lieu recourir aux beaux travaux de M. Studer [1]. Les autres publications [2] relatives à ces localités se bornent à quelques recherches paléontologiques ; cependant,

[1] Geologie der westlichen Schweizer-Alpen, 1834. — Geologie der Schweiz, 1851-1853. — Studer et Escher de la Linth, Carte géologique de la Suisse.

[2] Colomb, Actes de la Société helvét. Aarau, 1850, p. 101. — Renevier, Bull. de la Société vaud., 1854, III, p. 135.— Fischer-Ooster,

Digitized by Google

en dernier lieu, M. Gilliéron [1] a parcouru ces montagnes, et a publié un travail remarquable sur les terrains crétacés qui les constituent.

Je diviserai ce travail en deux parties : la première sera consacrée à la description géologique ; la seconde, à l'étude spéciale des terrains et des restes organisés qu'ils renferment. Je n'ai pas l'intention de faire un examen complet des faunes si riches trouvées dans ces montagnes; je voudrais seulement donner des notions aussi précises que me le permettent les matériaux que j'ai à ma disposition, sur les gisements et la succession des faunes qui y sont représentées.

Je tiens à remercier ici MM. Studer et de Fischer-Ooster, qui ont bien voulu me montrer en détail les richesses paléontologiques contenues dans le musée de Berne. Cet établissement renferme de belles séries de fossiles des terrains que j'ai examinés. Ces fossiles ont été recueillis en grande partie par un guide de Châtel-Saint-Denis, Joseph Cardinaux, qui m'a été fort utile dans mes courses géologiques.

I. DESCRIPTION GÉOLOGIQUE.

Le Niremont et les Corbettes. — La montagne du Niremont (1514^{m}) et celle des Corbettes (1408^{m}), qui en est le prolongement méridional, font partie du

Mittheil. naturf. Gesellsch. Bern, 1865, p. 141 ; 1869, p. 47, 53, 184. — M. Ooster a décrit de nombreux fossiles provenant de cette région et conservés au musée de Berne, dans les ouvrages suivants : Ooster, Pétrifications remarquables des Alpes suisses, Céphalopodes, Brachiopodes, Échinodermes, 1861-1865 ; Ooster et de Fischer-Ooster, Protozoe helvetica, 1869-1870.

[1] Archives des Sciences phys. et natur., 1870, XXXVIII, p. 255.

Digitized by Google

massif appelé dès longtemps par M. Studer chaîne de la Berra. Cette chaîne, commençant dans le canton de Berne aux environs de Thoune et dirigée du NNE. au SSO., contraste, par ses formes arrondies couvertes de riches pâturages, avec les grands escarpements et les arêtes découpées des chaînes intérieures des Alpes. Du côté de la plaine seulement, elle présente une pente abrupte formée par une masse puissante de calcaire. Elle est essentiellement composée du terrain éocène du flysch au milieu duquel apparaissent une partie des terrains secondaires. La montagne des Voirons, près de Genève, lui correspond par sa structure géologique et sa situation à la limite des Alpes et de la plaine.

Le Niremont présente, de la base au sommet, la succession de terrains suivante, dans une coupe prise entre les chalets de Molard-Marmet et de la Mollie-Progin et passant à la cascade du Dat (Pl. II, fig. 1) :

fl$_1$. Grès durs et marnes du flysch.

n$_1$. Terrain néocomien, peu épais, formé de marnes feuilletées d'un gris bleuâtre, se voyant au pied de la cascade.

j. Calcaire jurassique gris, puissant, fossilifère, en bancs peu épais, formant le grand escarpement de la montagne (*Belemnites hastatus, Ammonites bimammatus, A. tortisulcatus, Aptychus imbricatus*).

c. Marne foncée à grains noirs, renfermant beaucoup de crinoïdes et de petits brachiopodes, constituant le replat au-dessus de la cascade.

n$_2$. Calcaires compactes et marnes feuilletées néocomiens très-puissants et riches en fossiles (*Ammonites Astierianus, A. Rouyanus, Terebratula diphyoides*).

fl$_2$. Marnes et grès du flysch commençant près de la

Digitized by Google

Mollie-Progin, et occupant le sommet et le versant oriental de la montagne.

Toutes ces couches sont également inclinées vers l'Est.

Un peu plus au Nord, au-dessus de Montalban, les terrains secondaires ont disparu, et le flysch paraît former seul le flanc du Niremont ; mais, au delà de Semsales, le terrain néocomien reparaît à plusieurs reprises ; je l'ai vu dans le ravin des Baboles, et de nombreux fossiles de ce terrain ont été recueillis plus loin, dans les environs de la Savoyardaz, au-dessus des Ponts. L'escarpement jurassique se prolonge régulièrement au Sud du Dat jusqu'aux carrières de Praz de la Chaux qui ont fourni un grand nombre de fossiles, et il se termine non loin du bord droit de la Veveyse, dans le ravin qui descend des Chaudereires. La zone néocomienne supérieure conserve partout à peu près la même largeur; la zone inférieure suit le flanc de la montagne, et disparaît parfois presque entièrement. Le nagelfluh calcaire de la plaine, sur lequel est construite la petite ville de Châtel, se prolonge au Nord du côté de Semsales, en plongeant toujours vers l'Est, et on le voit en plusieurs points disparaître sous les marnes du flysch. Les moraines et les blocs erratiques du terrain glaciaire s'étendent le long du pied de la montagne, et recouvrent souvent ces deux derniers terrains.

La structure du Niremont semble pouvoir s'expliquer par une voûte déjetée à l'Ouest, et dont les deux flancs plongent parallèlement vers l'Est. Suivant que cette voûte est plus ou moins rompue, le flysch se montre seul, ou laisse apparaître une bande néocomienne; une rupture plus profonde montre les couches jurassiques au centre, bordées des deux côtés par les couches néocomiennes, entourées elles-mêmes de celles du flysch. C'est là un

Digitized by Google

exemple des couches en forme de C décrites par M. Studer[1], dans lesquelles l'ouverture du C est tournée du côté de la haute chaîne. La symétrie n'est cependant pas complète des deux côtés de la voûte; car on ne trouve pas sous les couches jurassiques les marnes foncées à crinoïdes qui existent au-dessus d'elles et forment la base des assises néocomiennes. Peut-être doit-on expliquer ce fait par un glissement qui aurait eu lieu pendant le soulèvement, et qui aurait fait disparaître cette couche d'ailleurs peu épaisse.

Les plissements sont beaucoup plus compliqués dans la montagne des Corbettes; la coupe de ce massif est très-distincte dans le bras gauche de la Veveyse, nommée souvent Veveyse de Fégires (Pl. II, fig. 2). On y voit successivement : le flysch fl_1, une première zone néocomienne n_1, une première zone de calcaires jurassiques j_1, les marnes à crinoïdes c, une seconde zone néocomienne n_2, une seconde zone jurassique j_2 qui présente dans les escarpements de la Veveyse une voûte très-distincte, une troisième zone néocomienne n_3, et une seconde zone de flysch fl_2 d'une grande épaisseur.

Cette structure, dont la complication apparente est très-grande, est tout à fait analogue à celle des Voirons, telle qu'elle a été décrite par M. A. Favre[2]. J'ai reproduit (Pl. II, fig. 3) la coupe de cette dernière montagne, afin de montrer son extrême ressemblance avec celle des Corbettes. En effet elles présentent chacune deux voûtes superposées l'une à l'autre et séparées par un pli néocomien. La voûte inférieure des Corbettes est rompue

[1] Les couches en forme de C dans les Alpes. Archives des Sciences phys. et natur., 1861, XI, p. 5.

[2] Recherches géologiques, etc., I, p. 419, pl. 4, fig. 4.

Digitized by Google

jusqu'au terrain jurassique qui apparaît au centre, tandis qu'aux Voirons la rupture ne pénètre pas au delà du terrain néocomien; la coupe des Corbettes confirme donc le plissement que M. Favre a supposé aux Voirons. La voûte supérieure est identique dans les deux montagnes, où la rupture met à découvert le terrain jurassique; ce dernier présente dans la Veveyse un contournement semblable à celui qui est indiqué sur la figure. Enfin, la zone néocomienne n_2, qui forme un des flancs de chacune de ces voûtes, et a dans la Veveyse de Fégires une grande épaisseur, est évidemment repliée sur elle-même. Cela est démontré par la coupe des Voirons, où le flysch *fl* apparaît au milieu du terrain néocomien et le sépare en deux bandes distinctes.

La première zone jurassique passe au Chaussin, au-dessous de la chapelle de Fruence, et aux carrières de Châtel-Saint-Denis sous Maudens, où elle se termine; la seconde passe à la Briaz, au Praz Mogiz et vient aboutir aux Rochers, sur la rive droite de la Veveyse.

La partie inférieure de la coupe des Corbettes correspond à la coupe du Niremont, à laquelle elle est identique. Les couches qui constituent ces montagnes ne sont cependant pas dans le prolongement les unes des autres; car une faille coupe perpendiculairement cette chaîne un peu au Nord de la Veveyse proprement dite, et se dirige des Rochers à Maudens et au delà vers la plaine. Les couches sont très-bouleversées en ce point, et leur continuité a été rompue; les couches jurassiques des carrières de Châtel-Saint-Denis, qui sont au Sud de cette faille, et qui forment le centre de la voûte inférieure, se trouvent plus à l'Ouest que celles de Praz de la Chaux, situées au Nord de la faille et qui en sont la continuation. Les cou-

Digitized by Google

ches néocomiennes qui les entourent ont subi un déplacement analogue. Les lèvres de la faille sont nettement marquées aux Rochers par la fin brusque de la zone jurassique j_2, et dans le ravin des Chaudereires par la fin des calcaires jurassiques de Praz de la Chaux. On peut attribuer ce déplacement des couches à la formation de la voûte supérieure de la chaîne des Corbettes ; car ce grand plissement a exigé une place considérable, et a dû refouler vers l'Ouest la voûte inférieure.

Je signalerai encore dans la chaîne du Niremont des schistes noirs très-durs, sans fossiles, se délitant en grandes dalles ; ils se voient à Maudens, à la Riondanère, à Fruence ; mais je n'ai pu les observer en place dans aucune branche de la Veveyse. A Fruence, on les voit nettement en contact avec le calcaire jurassique de la chapelle, sous lequel ils plongent en stratification concordante. Ils semblent donc occuper ici la position des couches à crinoïdes. J'ai cependant encore des doutes sur l'âge de ces roches, dans lesquelles je n'ai trouvé aucun reste organique.

La chaîne de la Berra est limitée du côté Est par une faille d'une grande importance (F, Pl. II, fig. 1) qu'on peut suivre depuis les montagnes de la Savoie jusque dans le massif du Stockhorn ; elle met en contact les couches éocènes du flysch avec des terrains plus anciens et le plus souvent avec le lias ou le terrain triasique. Du côté occidental de la faille, les couches du flysch, généralement inclinées à l'Est, semblent avoir subi des contournements ; car elles laissent apparaître en plusieurs points les couches néocomiennes et jurassiques ; c'est ainsi que j'ai vu divers lambeaux de calcaire jurassique sur la rive droite de la Trême, à la Joux-derrière et à Cuvignes-dessus, et des couches néocomiennes près de la Veveyse de Fégires à la Ciergne-au-Boucle.

Digitized by Google

En résumé, la voûte jurassique que j'ai observée dans la Veveyse de Fégires,let la manière dont cette coupe et celle des Voirons se complètent en montrant dans chacune de ces montagnes les terrains qui manquent dans l'autre, prouvent qu'il faut avoir recours à des plis et non à des glissements pour expliquer la structure si compliquée de cette chaîne extérieure des Alpes. Les Corbettes et les Voirons nous présentent un double pli[1] ou deux C successifs, dont l'ouverture est tournée du côté des Alpes; les contournements du Niremont présentent un simple C dans la même position. Tandis que la bande jurassique du Niremont correspond à la bande jurassique inférieure des Corbettes, celle des Voirons correspond à la bande supérieure de cette même montagne. La continuation septentrionale de la chaîne de la Berra offre des plissements du même type, dont M. Gilliéron a déjà dit quelques mots, et dont nous espérons que ce savant géologue nous donnera bientôt des coupes détaillées. Toutes les couches de ces voûtes plongent vers l'intérieur des montagnes, et les couches tertiaires de la plaine paraissent plonger sous les couches plus anciennes des Alpes. Cette dernière disposition des couches a déjà été l'objet de nombreuses observations sur les deux versants de cette chaîne.

L'origine des contournements si compliqués de la chaîne extérieure est d'autant plus difficile à déterminer que, s'ils se prolongent sur une grande longueur, leur largeur est au contraire très-faible. Au delà de la faille qui limite géologiquement cette chaîne, les plissements

[1] M. A. Favre a reconnu des contournements semblables à ceux-ci dans la montagne du Brezon, au-dessus de Bonneville. Recherches géologiques, Atlas, pl. 9, fig. 4.

Digitized by Google

des couches ne sont pas déjetés d'une manière régulière, et se rapportent généralement à des axes tantôt verticaux, tantôt inclinés de diverses manières. Si le soulèvement des Alpes doit être attribué, comme l'a dit M. Studer [1], à « une force latérale immense, dont l'action s'est propagée « de l'axe des Alpes centrales sur le bord de la chaîne, » il faut supposer que ce refoulement, occasionnant les plis qui ont formé les chaînes successives, n'a rejeté de côté que les couches les plus extérieures, auxquelles le sol de la plaine aurait opposé un obstacle invincible.

Le Moléson. — Le groupe du Moléson forme un massif allongé, dirigé du NE. au SO. et isolé des montagnes environnantes. Il se compose de deux sommités, le Moléson (2005^{m}) et Téjatzaux [2] (1911^{m}), séparées par l'arête allongée de Trémettaz. La base de ces montagnes, bordées de tous côtés par des escarpements abruptes, est garnie de grands bois de sapins et des magnifiques pâturages qui ont donné à la Gruyère sa célébrité. De profonds ravins qui s'en détachent de tous côtés, et où coulent des torrents rapides, la Trème, l'Erbivue, la Marivue et les affluents de la Veveyse, en facilitent l'étude géologique, bien qu'ils soient pour la plupart creusés dans une épaisseur immense de terrain d'éboulement.

Ce massif a une structure très-régulière ; de quelque côté qu'on le gravisse, on trouve, de la base au sommet, des couches de plus en plus récentes et, sur les versants NE. et SO., les couches plongent vers l'intérieur

[1] Archives des Sciences phys. et natur., XV, p. 19.

[2] J'ai donné à ces sommités les noms les plus généralement usités par les habitants du pays. La carte de Stryensky et la carte fédérale donnent le nom de Trémettaz à la pointe de Téjatzaux.

Digitized by Google

de la montagne. Une cassure qui n'est pas rectiligne la partage dans sa longueur ; elle se termine avant la pointe de Téjatzaux dont les couches plongent toutes du côté du NO. Cette cassure diffère d'une faille en ce qu'elle n'a pas été accompagnée d'un glissement ; les couches ne sont pas redressées et se correspondent d'un bord à l'autre. La montagne est donc symétrique. Elle repose de tous côtés sur des formations plus anciennes, comme un témoin respecté par les bouleversements géologiques et par les grandes érosions auxquelles ont été soumis ces massifs montagneux.

La faille (Pl. II, fig. 1) qui sépare le Moléson de la chaîne du Niremont, passe le long d'une des branches de la Veveyse au-dessus des Malliertzon, et se prolonge de là à l'Est des Raschevys vers le Gros-Plané ; à l'Ouest se trouve le flysch ; à l'Est la cargneule, puis les couches rhétiques et le lias ; la cargneule reparaît un peu au nord du Gros-Plané, et forme une bande longue et étroite qui s'étend jusqu'aux bains de Montbarry près de Gruyère. Les couches rhétiques des Malliertzon sont recouvertes par le terrain liasique (Pl. III, fig. 1) : ce sont des calcaires durs, en bancs épais, assez abondants en bélemnites, qui appartiennent probablement au lias moyen et sur lesquels reposent des calcaires schisteux très-puissants du lias supérieur, dont quelques couches renferment une grande abondance de fossiles ; le ravin qui descend du Villaz en a fourni une faune remarquable (*Amm. serpentinus, cornucopiæ, thouarsensis, annulatus*, etc). Des marnes feuilletées surmontent le lias, formant du côté de l'Ouest la base même de la montagne. Elles sont grises, très-tendres et riches en rognons jaunes et rougeâtres de pyrite dans lesquels j'ai trouvé des posi-

Digitized by Google

donomyes et des ammonites (*A. Murchisonæ*). Au-dessus de cette couche s'élève la pyramide du Moléson, formée des terrains suivants :

jp. Calcaire à posidonomyes ; calcaire marneux gris et souvent veiné de rouge, assez compacte, alternant avec des marnes feuilletées, formant de tous côtés les escarpements inférieurs du Moléson où les gisements de Pétère, du Mifory et du Grand Teysachaux ont fourni un grand nombre de fossiles (*Ammonites Kudernatschi, subobtusus, Martinsi, tripartitus, Posidonomya alpina*, etc.).

jr. Calcaire d'un rouge vif, en rognons, dur, surmonté d'un calcaire blanc de même structure. Les fossiles qu'on y recueille (*Belemnites hastatus, Ammonites Arduennensis, tortisulcatus*, etc.) le font classer dans le terrain oxfordien. J'ai pu observer ces calcaires rouges sur un grand nombre de points ; ils forment tout le tour du massif du Moléson, et, quoiqu'ils soient recouverts en certains endroits par la terre et les éboulis, on ne peut douter de leur présence. On les voit à Trémettaz sur une grande étendue, au-dessus du Plan-François, du Gros-Moléson, du Mifory et de la Vieille-Chaux, ainsi qu'à Tsouatsau-dessus.

js. Calcaire d'un gris clair, dur, en bancs épais, pauvre en fossiles, contenant de nombreux rognons de silex. Il forme de grands escarpements autour du Moléson et de Trémettaz, et la partie supérieure de la pointe de Téjatzaux.

n. Calcaire néocomien marneux, d'un gris blanchâtre, semé de taches bleuâtres, alternant avec des marnes feuilletées. Il constitue la cime du Moléson, et se prolonge le long de l'arête de Trémettaz jusqu'au delà du chalet de Trémettaz-dessus. On peut observer la cassure

Digitized by Google

du Moléson .dans les profondes dénudations qui forment les cirques de Bonne-Fontaine et de Tsouatsau-dessus. Les couches néocomiennes plongent rapidement les unes contre les autres et ce n'est que sur une largeur de trois ou quatre mètres, à la jonction même des couches, que celles-ci sont bouleversées.

Du côté oriental, la structure du pied de la montagne est différente; au-dessous des couches jurassiques à posidonomyes qui se voient à Belle-Chaux, au Mifory, à Tsouatsau-dessous, on observe les terrains suivants : *r* calcaires rhétiques très-inclinés, plongeant sous le Moléson, *d* dolomie triasique, *c* cargneule,. *d* nouvelle couche de dolomie, *r* nouvelles couches rhétiques. C'est une voûte rompue jusqu'au trias, et qui forme le fond de la vallée entre le massif du Moléson et la chaîne de Verreaux. Une faille a très-probablement fait disparaître les couches jurassiques inférieures du chalet de la Belle-Chaux à celui du Gros-Moléson, et a mis en contact les couches jurassiques à posidonomyes avec les couches rhétiques. Cette faille se prolonge au NE. jusque dans le ravin de l'Erbivue, en face du Petit-Moléson, où les couches jurassiques inféférieures viennent butter contre la cargneule surmontée des couches rhétiques qui forment la rive droite de ce torrent.

Les roches triasiques apparaissent d'une manière continue de la Jouverte-dessous au Gros-Moléson, et disparaissent ensuite sous la petite chaîne du Tzermont. Celle-ci forme une voûte rhétique complète contre laquelle sont plaquées, à l'Est et à l'Ouest, les schistes jurassiques inférieurs très-inclinés, dans lesquels j'ai trouvé l'*Ammonites Murchisonæ*. La cargneule se montre de nouveau aux Crosets et au chalet de la Pétève, et forme une zone tria-

Digitized by Google

sique qui s'étend jusque dans la vallée de la Sarine près d'Enney.

La vallée de l'Erbivue, située sur le prolongement septentrional de la chaîne du Moléson, est presque entièrement creusée dans le terrain jurassique inférieur formé de calcaires marneux et schisteux foncés renfermant les *Ammonites opalinus, tatricus, Murchisonæ*, etc.

Du côté du SO., les couches rhétiques se referment au-dessus de la cargneule et forment un vaste plateau coupé de profonds ravins et occupé par les pâturages du Creux-Gindroz, du Bevry, du Pralet, des Grevalets, de la Borbintze et de la Cagne. Lorsqu'on suit le chemin qui longe la Veveyse de Fégires en la remontant, on trouve au-dessous de la Cagne une voûte complète du terrain triasique supérieur; la cargneule est recouverte des deux côtés de calcaires dolomitiques et de marnes rouges, puis des calcaires rhétiques. Au-dessous de ce point, dans le lit de la Veveyse, la coupe est encore plus complète, et présente la succession de terrains suivante :

Marnes et calcaires feuilletés du lias supérieur, de couleur foncée où l'*Ammonites radians* est très-abondante.

Calcaires rhétiques en bancs minces, très-puissants.

Cargneule et dolomie triasiques.

Calcaires rhétiques semblables aux précédents.

Toutes ces couches plongent également au SE., et forment par conséquent une voûte déjetée à l'Ouest.

La cargneule et le calcaire dolomitique blanc apparaissent au Pralet, où ils n'ont qu'une faible épaisseur et où ils sont entourés de calcaires rhétiques qui plongent sous les calcaires jurassiques inférieurs de la chaîne des Verreaux. Les calcaires rhétiques sont séparés de la base du

Digitized by Google

massif du Moléson par les schistes foncés du lias et du terrain jurassique inférieur.

La chaîne des Verreaux. — Cette chaîne, dont les principales sommités dans cette région sont le Vanil-Blanc (1835^{m}), la Dent de Lys (2015^{m}), la Cape aux Moines (1944^{m}), et qui se prolonge au Sud par la Dent de Jaman, est très-escarpée du côté de l'Ouest, où les couches sont toutes coupées perpendiculairement, et s'abaisse doucement du côté de l'Est, où la pente suit à peu près la direction des couches. Le versant occidental et la crête sont presque entièrement jurassiques; le versant oriental est principalement crétacé. Une gorge très-profonde et d'un aspect sauvage, semblable aux cluses du Jura, traverse perpendiculairement cette chaîne en face d'Albeuve. Elle se nomme le col de l'Evi, et donne passage aux eaux de la Marivue qui descend des flancs du Moléson et se jette dans la Sarine.

La chaîne des Verreaux forme un des côtés d'une voûte rompue dont le Moléson forme l'autre côté. J'ai déjà décrit le centre de cette voûte, occupée par la cargneule et les couches rhétiques, qui sont en certains points verticales et plongent ailleurs sous le Moléson. A ces couches succèdent (Pl. III, fig. 2):

ji. Terrain jurassique inférieur, caractérisé par les *Ammonites opalinus, Murchisonæ, tatricus,* etc., et formé de marnes schisteuses assez tendres et de bancs plus calcaires. Ces couches sont disposées en éventail renversé, et plongent à l'Ouest sous les couches rhétiques et à l'Est sous les couches jurassiques d'époque plus récente. Elles se voient dans le ravin de la Marivue sous les Serniaules, et plus haut dans le même ravin; elles passent

Digitized by Google

au Sud du Gobalet, au-dessus de Salettaz, au Nord de la Jouverte-dessus, au Grand Praz, au Paccot, au Pontelle et au Grand Caudon.

jp. Calcaire à posidonomyes, formant les escarpements de la base de la chaîne des Verreaux ; il est exactement semblable à celui du Moléson, et a une grande épaisseur.

jr. Couches jurassiques rouges ; elles se trouvent généralement sur le versant Ouest, sauf quand une dénudation assez profonde de la crête les ramène sur le versant opposé. Elles apparaissent sur le flanc occidental de la Cape aux Moines, sur la crête même de la chaîne au col du Pilat au Nord de cette sommité, dans le haut de la Combe d'Allières ; elles passent dans les escarpements qui dominent les Hugonins, descendent sur le versant Est jusqu'auprès du chalet de Lys, et se prolongent sur le versant Ouest, dans les grands escarpements de la Dent de Lys ; je ne les ai pas vues au col de l'Evi.

js. Calcaires gris à rognons de silex, puissants, très-escarpés, constituant presque partout la crête de la montagne ; ils forment de véritables *lapiés* dans le haut de la Combe d'Allières, en Lurquy près de Cape aux Moines, et en Chenaux au Sud de Lys. La partie supérieure de ce calcaire se termine par des bancs de moins grande épaisseur, régulièrement stratifiés, bréchoïdes et presque dépourvus de silex ; ils se voient bien au passage de l'Evi sur Albeuve où ils ont été exploités, et plongent sous les couches néocomiennes pour reparaître à Grandvillars dans la chaîne du Mont-Cray.

n. Calcaires néocomiens ; ils occupent le flanc Est de la chaîne des Verreaux, et arrivent plus ou moins près du sommet, qu'ils atteignent à la Dent de Lys et à la Chérésolettaz ; leurs couches sont un peu plus inclinées

Digitized by Google

que le flanc de la montagne, en sorte que la descente se fait sur des couches de plus en plus récentes. Ces calcaires forment de grands escarpements des deux côtés de la Combe d'Allières et des autres érosions qui découpent la crête de la chaîne.

cr. Schistes marneux rouges, supérieurs au terrain néocomien. Ces couches sont repliées sur elles-mêmes dans la vallée de la Sarine, et bordées des deux côtés par les couches néocomiennes. Elles suivent la vallée jusqu'à Villars-sous-Mont, et se voient alternativement sur l'une ou l'autre rive. A Montbovon même, elles forment les escarpements du bord de la route avant et après le village; mais plus au Sud elles quittent le fond de la vallée pour recouvrir les pentes inférieures de la chaîne des Verreaux. Le chemin, qui va de Montbovon à la Dent de Jaman, est taillé pendant longtemps dans ces couches. Elles passent entre la Cape aux Moines et la Dent de Corjeon, et on en trouve encore un lambeau plaqué contre la pente de la montagne, au-dessus de l'église d'Allières.

La chaîne du Mont-Cray. — Je n'ai pas assez parcouru cette chaîne pour pouvoir en donner une description complète. Elle forme une grande voûte, rompue et dénudée au centre; les flancs de cette voûte sont verticaux, ou plongent même vers l'intérieur de la montagne, qui paraît présenter ainsi une structure en éventail. On peut très-bien se rendre compte de cette disposition dans la vallée de la Sarine, qui coupe transversalement cette chaîne entre Château-d'Œx et Montbovon.

La cargneule se montre au-dessous du chalet de Petzernettaz. Les calcaires rhétiques, semblables à ceux du

Digitized by Google

du massif du Moléson, accompagnent la cargneule et la recouvrent entièrement dans la vallée de la Sarine à Rossinières. Ils sont flanqués de la série des terrains jurassiques, bordés eux-mêmes par les calcaires néocomiens et les schistes rouges; ces dernières couches forment, comme nous l'avons vu, un fond de bateau dans la vallée de la Sarine, près de Montbovon. Elles se contournent de la même manière près de Château-d'Œx, où elles renferment les couches du flysch repliées sur elles-mêmes.

Au delà des couches néocomiennes verticales de la vallée de la Sarine se voient les couches de calcaire bréchoïde à veines bleuâtres que j'ai déjà indiquées dans la chaîne des Verreaux. Je les ai trouvées sur les bords de la Sarine dans les escarpements de la route, où elles renferment quelques *Aptychus*, (*i*, Pl. III, fig. 2), et au-dessus de Grandvillars où elles sont exploitées; elles contiennent en ce point la *Terebratula Catulloi*, Pict., que je n'ai pu trouver sur aucun autre point[1]. Les calcaires rouges jurassiques se voient sur le versant Est, aux environs de Paray-Dornaz, et renferment de nombreux fossiles. Les couches à posidonomyes présentent une faune remarquable au Mont-Cullan, au-dessus de Rossinières. Des schistes noirs feuilletés, semblables à ceux du massif du Moléson et de la chaîne des Verreaux, sont très-développés dans ces montagnes, et appartiennent probablement en majeure partie au terrain jurassique inférieur. Toutefois je n'y ai pas trouvé de fossiles. Entre ces deux derniers terrains, on observe une roche nouvelle : c'est

[1] Un géologue anglais, M. Tawney, a recueilli le même fossile sur le versant Est de cette chaîne, près des chalets de Paray-Charbon. (Quart. Journal, 1869, tome XXV, p. 305.)

Digitized by Google

un calcaire très-cristallin, souvent spathique, coloré en gris et en rouge, paraissant renfermer beaucoup de débris d'animaux rayonnés particulièrement de crinoïdes.

En résumé, les premières chaînes des Alpes nous présentent de la plaine à Château-d'Œx : Une première voûte (chaîne du Niremont et des Corbettes), simple ou double, déjetée vers l'Ouest et séparée des chaînes suivantes par une faille; une deuxième voûte rompue jusqu'à la cargneule, et dont la chaîne du Moléson et celle des Verreaux forment les flancs, et une troisième voûte (chaîne du Mont-Cray), bordée des deux côtés par des couches en U, qui la séparent de la chaîne des Verreaux et de celle du Rocher du Midi.

II. ÉTUDE DES TERRAINS.

Formation triasique. — J'ai observé le terrain triasique sur un grand nombre de points : sur les bords de la Veveyse, au-dessous de la Cagne, aux Malliertzon, entre le gros Plané et Montbarry, dans le massif du Tzermont, entre le Gros Mologis et le Gros Moléson, au Pralet et dans la chaîne du Mont-Cray. La cargneule en est la roche dominante. Elle est recouverte d'un calcaire dolomitique d'un gris clair, peu épais, et quelquefois de marnes rouges. Le gypse se montre au-dessus du chalet de la Joux-devant au NO. du Moléson et près des bains de Montbarry, où il est exploité. Ces roches constituent seulement la partie supérieure du terrain triasique, et correspondent probablement à la subdivision que M. A. Favre a appelé, dans sa description de la Savoie, « couche supérieure de cargneule et de gypse, » et « argiles et marnes rouges. »

Digitized by Google

Formation rhétique. — Elle occupe une étendue beaucoup plus considérable que le terrain triasique; elle forme au SO. du Moléson le massif ondulé du Pralet, des Grévalets, de la Borbintze, et du Creux-Gindroz; elle affleure aux Raschevys, entre le Moléson et la chaîne des Verreaux, où elle borde la cargneule de deux bandes parallèles, dont la plus méridionale se prolonge dans la montagne du Tzermont; une autre zone commence aux Clefs d'en haut, forme la montagne de la Proveytaz, et se termine un peu en avant de Montbarry; on trouve enfin ce même terrain au centre de la chaîne du Mont-Cray, flanquant ou recouvrant la cargneule. Cet étage est formé d'un calcaire cristallin dur, très-foncé, en bancs généralement peu épais et d'un calcaire lumachelle d'un gris plus clair, dans lequel on trouve les fossiles suivants:

Dents (indéterminées). C.[1]
Belemnites sp. Gr.
Ammonites sp. indét. (*A. Sinemuriensis*. Fisch.-Oost., Rhæt. Stufe, p. 17). Coquille pourvue d'une carène simple sur la ligne médiane, et ornée de côtes infléchies en avant, non bifurquées, qui s'atténuent et disparaissent en s'approchant du bord externe. Gr.
Gastéropode voisin de l'échantillon figuré par Quenstedt (Jura, pl. I, fig. 1). P.
Mytilus minutus Goldf. C. M. P.
Avicula contorta Portl. C. Cr. M. P. Pr. R.
Pecten Valoniensis Defr. C.
» *Falgeri* Mer. P.
Plicatula intusstriata Emmr. C. P. Pr.
» *Archiaci* Stop. C. M. P.
» *Beryx* Gieb. C.

[1] J'ai employé pour désigner les localités les abréviations suivantes : C. la Cagne, Cr. Creux-Gindroz, Gr. Grevalets, M. Mologis, P. Pueys, Pr. Pralet, R. Raschevys, Tz. Tzermont.

Digitized by Google

Ostrea Haidingeriana Emmr. P. Pr.
Placunopsis Schafhautli Winkl. sp. Pr.
Megalodon, sp. C'est peut-être le *M. gryphoides* Ooster, Prot. Helv., 1870, I, p. 20, pl. 3, fig. 1-3. On trouve dans le ravin des Pueys des bancs épais remplis de ce fossile dont le diamètre est au moins de 12 centimètres.
Terebratula gregaria Suess. C. Cr. Gr. M. P. Pr. R. Tz.
Rhabdophyllia langobardica Stop. Tz.

Tous ces fossiles ont été recueillis dans des calcaires reposant normalement sur la cargneule et surmontés en plusieurs points par les couches liasiques; la roche qui les contient est très-différente de celle du flysch. On ne peut donc admettre, comme le croit M. Fischer-Ooster [1], que ces fossiles proviennent de ce dernier terrain.

Cette faune appartient en majeure partie à l'étage rhétique proprement dit, c'est-à-dire à la zone à *Avicula contorta*. Le *Pecten Valoniensis*, l'*Avicula contorta* et la *Terebratula gregaria* en sont les espèces les plus communes et cette dernière forme à elle seule de véritables lumachelles. Ces couches sont la continuation de celles de la Savoie, décrites par M. A. Favre, et de celles des Alpes vaudoises dont M. Renevier a fait une étude très-complète. Elles se prolongent elles-mêmes dans la chaîne du Stockhorn, mais je n'ai pu observer au-dessus d'elles l'infralias proprement dit (étage hettangien de M. Renevier).

Formation secondaire. — Elle occupe la plus grande partie de la région que je décris maintenant et présente de nombreuses subdivisions caractérisées par des faunes et des roches très-diverses.

[1] Die rhætische Stufe der Umgegend von Thun. Mittheil. Bern, 1869, p. 17.

Digitized by Google

TERRAIN LIASIQUE. — En gravissant le ravin des Pueys, on trouve au-dessus des couches rhétiques un lambeau du *lias inférieur*. C'est le seul point de cette région où il puisse s'observer; encore est-il très-pauvre en fossiles; je n'en connais jusqu'à maintenant qu'une seule espèce :

Ammonites oxynotus Quenst. Cephalop. pl. 5, fig. 11; Jura, p. 102, pl. 13, f. 5-8. Echantillon bien conservé, identique à cette dernière figure. Ce fossile qui se récolte en Souabe dans la partie moyenne des marnes de Balingen, caractérise la partie supérieure du lias inférieur.

On trouve en face des Raschevys, sur le bord de la faille qui sépare le Niremont du massif du Moléson, un calcaire gris-foncé, dur, en bancs épais qui paraît appartenir au *lias moyen*; les bélemnites y sont abondantes. Il renferme les espèces suivantes :

Belemnites sp., du groupe des *Acuarii*, très-voisine du *B. acuarius*, d'Orb., Jur. p. 76, pl. 5.

Belemnites paxillosus Schloth. (*B. Bruguieranus* d'Orb., Jur. p. 84, pl. 7, f. 1-5.

Ammonites fimbriatus Sow., d'Orb., Jur. p. 313, pl. 98. Moule d'un jeune individu semblable à la figure 4 de d'Orbigny, orné de dépressions annulaires à la place où se trouvaient les lames du test.

Grâce à la présence de ces quelques fossiles du lias inférieur et du lias moyen aux Pueys et aux Raschevys, on peut espérer de retrouver ces terrains sur d'autres points de la même région.

Le *lias supérieur* occupe une grande étendue à l'Ouest du Moléson. On le trouve en contact avec les couches rhétiques, dans la Veveyse de Fégires au-dessous de Ciergne-au-Boucle; c'est un calcaire marneux feuilleté,

Digitized by Google

de couleur foncée, dans lequel l'*A. radians* Schloth. est très-abondant. Il disparaît plus au Nord sous le terrain glaciaire, mais on le retrouve au Rosali et on peut le suivre de là jusqu'au Cheval-Brûlé. Dans le ravin des Pueys, il a fourni les espèces suivantes :

Belemnites, plusieurs espèces.
Ammonites annulatus Sow.
» *Thouarsensis* d'Orb.
» *serpentinus* d'Orb.
» *Cornucopiæ* Y. et Bird.
» du groupe des *Heterophylli*.
Posidonomya Bronni Quenst.

Mais le gisement des fossiles le plus remarquable est situé dans le ravin qui descend du Villaz, au milieu des pâturages de Teysachaux. Les fossiles[1] y sont bien conservés, très-abondants et se recueillent dans des calcaires marneux feuilletés, gris et rougeâtres. Ce sont :

Ichtyosaurus. Grand reptile de 230 centim. de long, médiocrement conservé, décrit par M. Fischer-Ooster (Protoz. helv. II, p. 73, pl. 13, 14) et déterminé par lui sous le nom de *I. tenuirostris* Conyb.
Poissons. Nombreux débris appartenant aux genres *Dapedius*, *Tetragonolepis*, *Eugnatus*, *Leptolepis* et *Macropoma*; ils paraissent identiques à ceux de Boll.
Eryon Hartmanni H. v. Meyer.
Loliginites Bollensis Ziet. sp.
Belemnites acuarius Schloth.
Belemnites sp., voisine de *B. paxillosus* Schloth.
Nautilus inornatus d'Orb. Échantillon déformé.
Ammonites cornucopiæ Young et B.; d'Orb., Jur. p. 316, pl. 99, f. 1-3. Échantillons identiques à ceux du lias supérieur de Balingen et de Boll figurés sous le nom de *A. fimbriatus*

[1] M. Fischer-Ooster a déjà donné une liste des fossiles de ce gisement. (Mittheil. Bern, 1869, p. 185.)

Digitized by Google

par Zieten (Wurtemb., p. 16, pl. 12, f. 1) et par Quenstedt (Jura, p. 256, pl. 36, f. 6).

Ammonites serpentinus Rein. Cette espèce est représentée par une nombreuse série d'échantillons présentant quelques variations dans les sinuosités des côtes et identiques aux types figurés par d'Orbigny (Jur. p. 215, pl. 55) et par Quenstedt (Jura, p. 249, pl. 35, f. 5).

Ammonites Thouarsensis d'Orb., Jur., p. 222, pl. 57. (*A. serpentinus* Ziet., Wurtemb., p. 16, pl. 12, f. 4.)

Ammonites subplanatus Opp., Juraform., p. 244. (*A. complanatus* d'Orb., Jur., p. 353, pl. 114.) Échantillons semblables à ceux de la Verpillière.

Ammonites Desplacei d'Orb., Jur., p. 334, pl. 107. Deux bons échantillons semblables à la figure citée.

Ammonites annulatus Sow.; d'Orb., Jur., p. 265, pl. 76, f. 1, 2. Espèce abondante, se distinguant bien de l'*A. communis* Sow. par des côtes plus fines et beaucoup plus rapprochées, dont les unes sont simples et les autres bifurquées.

Ammonites nov. sp., du groupe des *Phylloceras*, voisine de l'*A. heterophyllus* Sow , mais s'en distinguant par des stries droites et toutes égales et par la présence sur le moule de sillons un peu coudés à l'ombilic où ils sont profonds, droits et dirigés un peu en avant sur le reste de leur parcours où ils deviennent très-larges. Ombilic presque nul.

Aptychus lythensis de Buch. Quenstedt, Jura, p. 248, pl. 35, f. 5.

Pholadomya sp. (*Ph. decorata* Fisch.-Oost.)

Solemya Voltzi Rœm.

Pecten sp. (*P. tumidus* Fisch.-Oost)

Lima sp.

Pinna sp. (*P. Hartmanni.* Fisch.-Oost.)

Inoceramus undulatus Ziet.

Posidonomya Bronni Voltz; Zieten, Wurtemb., pl. 72, f. 4.

Cette faune appartient à la partie inférieure du lias supérieur ou étage thoarcien de d'Orbigny, c'est-à-dire à l'horizon appelé par Oppel zone de la *Posidonomya Bronni.* Elle est identique à celle du lias supérieur de

Digitized by Google

France, d'Angleterre et de Wurtemberg, et a en particulier de grandes analogies avec celle du lias de la Verpillière (Isère), de la Normandie, de Wightby (Yorkshire) et de Boll en Allemagne. Les nombreux débris de poissons et de sauriens qu'on trouve dans ces couches augmentent encore cette ressemblance.

On voit au milieu des couches précédentes un calcaire marneux, rempli de petits fossiles, particulièrement de gastéropodes, dont je n'ai pu déterminer aucune espèce; sa couleur d'un gris foncé et l'odeur qu'il dégage au choc du marteau rappellent tout à fait le *Stinkstein* décrit par Quenstedt[1] dans le lias supérieur de la Souabe.

Terrains oolitiques inférieur et moyen. — La série des terrains oolitiques commence par des marnes compactes ou feuilletées qui passent souvent à de véritables schistes; elles sont de couleur foncée et ont une teinte bleuâtre; les bancs compactes intercalés sont jaunâtres à l'extérieur et d'un gris-bleu foncé à l'intérieur; ils rappellent les *fleckenmergel* (marnes tachetées) de la Bavière. Ces couches sont puissantes; elles occupent la plus grande partie de la vallée de l'Erbivue où elles reposent sur les couches rhétiques. De l'autre côté de la voûte rhétique du Tzermont et de la vallée de la Marivue, elles sont très-inclinées et plongent sous les calcaires jurassiques moyens de la chaîne des Verreaux; on les voit en Laurensaz, au-dessous de Cernioz dans le lit de la Marivue, etc.; elles forment ainsi une zone qui se prolonge le long du pied de la chaîne des Verreaux. Les gisements les plus fossilifères sont sur la rive gauche de l'Erbivue à une demi-heure au-dessus de Gruyères,

[1] Der Jura, 1858, p. 207.

Digitized by Google

dans la Marivue près de Cernioz, au Pontelle sous Chérésaulaz et au Grand Caudon. J'ai recueilli les espèces suivantes :

Belemnites sp.

Ammonites Aalensis Ziet., Wurtemb. pl. 28, f. 3. Espèce commune ; les échantillons sont identiques aux figures données par d'Orbigny. Cette espèce se trouve généralement dans le terrain liasique supérieur. Toutefois Oppel (Juraform., p. 248) a déjà signalé son association avec l'*A. opalinus* dans l'oolite inférieure.

Ammonites opalinus v. Mand. (*A. primordialis* Zieten, Wurtemb., pl. 4, f. 4; d'Orbigny, Jur., p. 235, pl. 62. Espèce commune. Elle commence à la limite du terrain liasique et du terrain jurassique avec l'*A. torulosus*.

Ammonites Murchisonæ Sow. d'Orbigny, Jur., p. 367, pl. 120. Nombreux échantillons bien caractérisés.

Ammonites tatricus Pusch, Polens Pal. p. 158, pl. 13, f. 11. Zittel, Jahrb. K. K. Geol. Reichsanst., XIX, p. 61, pl. 1, f. 1-3; non d'Orbigny. La description et les figures données par M. Zittel ne laissent aucun doute sur la détermination de cette espèce. Ce savant a fixé d'une manière précise son horizon géologique et a montré qu'il faut exclure de sa synonymie un grand nombre des citations qui en avaient été faites.

Ammonites Humphriesianus Sow. Je ne puis pas affirmer que cet échantillon provienne de la même couche que les autres. Cependant la roche paraît identique.

Ammonites sp., voisine de l'*A. subplanatus* Opp.

Ammonites sp. du groupe des *Heterophylli*, voisine de l'*A. heterophyllus* Sow.

Ammonites sp., du groupe des *fimbriati*, fragment d'un grand échantillon, différant par ses ornements de l'*A. cornucopiæ*, Young et B.

Ammonites. Deux espèces nouvelles.

Inoceramus cf. *fuscus* Quenst.

Posidonomya. Cette petite espèce est peut-être la *P. Suessi* Opp. qui m'est inconnue.

Zoophycos scoparius Thioll. sp. Dumortier, Bull. Soc. géol.

Digitized by Google

XVIII, p. 579, pl. 12, f. 1, 2. Ooster, Prot. helv., I, p. 31, pl. 9, pl. 10, f. 1. Cette espèce, très-répandue dans les Alpes suisses, paraît avoir commencé dans les couches liasiques supérieures; elle est commune dans le terrain que je décris maintenant; mais on la trouve aussi dans les couches supérieures à celles-ci avec l'*A. Humphriesianus*. Ce fossile se trouve en grande abondance dans le bassin du Rhône, associé à l'*A. Murchisonæ*, l'*Inoceramus fuscus* Quenst. etc., dans le calcaire à fucoïdes supérieur aux couches à *A. opalinus*.

Cette faune a été entièrement recueillie dans la Marivue; les autres gisements que j'ai cités plus haut sont moins riches en fossiles, mais renferment presque tous les espèces suivantes:

Ammonites Aalensis,	*Posidonomya*,
» *opalinus*,	*Inoceramus fuscus*,
» *Murchisonæ*,	*Zoophycos scoparius*.
» *tatricus*,	

Ce terrain s'étend probablement sur le versant occidental du Moléson; mais je n'ai pas encore pu y constater sa présence. Les couches jurassiques supérieures au lias les plus anciennes que j'y ai observées, se trouvent au pied même de la pyramide du Moléson, entre le Gros-Plané et le Villaz. Ce sont des marnes feuilletées tendres, riches en géodes brunes de pyrite de fer, qui renferment parfois des fossiles. Ce sont:

Ammonites Murchisonæ.
Ammonites sp., du groupe des *Heterophylli*.
Posidonomya sp., identique à celle des couches à *A. opalinus*.

Ce terrain est-il l'équivalent des couches précédentes ou est-il d'époque un peu plus récente? Il faudrait, pour résoudre cette question, trouver dans ce dernier gisement une faune plus complète. On peut toutefois regarder ces

Digitized by Google

couches comme formant avec les précédentes le terrain oolitique inférieur.

Celui-ci a déjà été reconnu sur plusieurs points de la chaîne des Alpes : En Savoie, M. Alphonse Favre [1] a signalé des schistes argileux dont le dépôt est évidemment de la même époque ; ils renferment, au col de la Madeleine les fossiles suivants : *Ammonites Murchisonæ, scissus,* cf. *opalinus, Sowerbyi, Posidonomya* sp. et au mont Joli les *Ammonites Murchisonæ* et *scissus.*

Dans le canton de Glaris, M. Escher de la Linth et M. Bachmann [2] ont reconnu près de Mols dans la vallée du lac de Wallenstadt, des schistes noirs contenant l'*A. opalinus* et la *Posidonomya Suessi* Opp.

Sur les bords du lac de Guarda dans le Tyrol méridional, l'oolite inférieure [3] du cap San Vigilio a fourni un grand nombre d'ammonites parmi lesquelles se trouvent les *Ammonites opalinus, Murchisonæ, scissus, fallax,* etc.

M. Zittel [4] a trouvé au Monte-Nerone et au Furlo dans les Apennins des calcaires jaunâtres qui renferment une faune identique.

Enfin, le même savant [5] a décrit des couches jurassiques découvertes par Hohenegger dans le Tatra, à Zaskale près de Zaflary. Ce sont des calcaires marneux gris, identiques au *fleckenmergel* liasique des Alpes bavaroises, et recouverts de marnes foncées, abondantes en nodules et en géodes pyriteuses. Parmi les fossiles des couches inférieures, on remarque les *Ammonites opalinus,*

[1] Recherches géologiques, III, p. 233 et 164.
[2] Die Juraformation im Kanton Glarus. Mittheil. Bern. 1863, p. 149.
[3] Benecke, Geogn. pal. Beiträge, I, p. 111. Waagen, Id., I, p. 559.
[4] Benecke, Geogn. pal. Beiträge, 1869, II, p. 137.
[5] Zittel, Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. 1869, XIX, p. 60.

Digitized by Google

fonticola, Aalensis, Murchisonæ, scissus, tatricus, connectens, ultramontanus, et parmi ceux des couches supérieures, les *Ammonites Murchisonæ, Brocchii, tatricus, connectens, ultramontanus* et la *Posidonomya Suessi*. Ces couches rappellent singulièrement celles que je viens de décrire; M. Zittel rapporte l'horizon inférieur à la zone de l'*A. opalinus*, tandis que le supérieur appartient, d'après lui, à la zone de l'*A. Murchisonæ*. Mais ces deux faunes ont entre elles un grand nombre d'espèces communes qui rend leur distinction difficile.

La plupart des gisements que je viens d'énumérer présentent l'association des *A. opalinus* et *Murchisonæ* [1]. C'est là une preuve nouvelle du fait constaté déjà par divers observateurs, que des zones fossilifères, nettement séparées en dehors des Alpes, se confondent plus ou moins dans l'intérieur de cette chaîne.

Au-dessus des schistes noirs à *A. tatricus* et des marnes à rognons pyriteux, se trouve une formation puissante de calcaires marneux et de marnes schisteuses de couleur rougeâtre. Ces calcaires, en bancs d'un à deux pieds d'épaisseur, sont assez durs, un peu schisteux, et les fossiles qui y sont abondants s'en détachent facilement. La roche est du reste très-homogène dans toute son épaisseur. Ce terrain est très-développé dans le massif du Moléson et la chaîne des Verreaux, et il se trouve aussi dans la chaîne du Mont-Cray au Mont-Cullan, au-dessus de Rossinières. Les localités indiquées dans le tableau suivant sont les plus riches en fossiles et se trouvent toutes dans ces montagnes.

[1] M. Waagen a déjà fait remarquer l'association de ces espèces. Benecke, Geogn. pal. Beitr., 1868, I, p. 556.

Digitized by Google

Noms des espèces.	Moléson.	Chaîne des Verreaux				Mt Cullan.
		Salettaz.	Dent de Lys.	Chérésaulletaz[1]	Grand Caudon.	
Belemnites hastatus d'Orb.	+	..	..	+	..	+
canaliculatus Schl.	..	..	..	+	..	..
Ammonites Kudernatschi Hau	+	..	+	..	+	..
subobtusus Kud.	+	..	+	+	..	+
Eudesianus d'Orb.	..	..	+	+	..	..
rectelobatus Hau	..	..	..	..	+	+
Humphriesianus Sow.	..	..	+	+	..	+
ooliticus d'Orb.	+	..	+	+	..	..
Martinsi d'Orb.	+	..	+	+	..	+
dimorphus d'Orb.	..	..	..	..	..	+
polymorphus d'Orb.	..	..	..	..	+	..
discus Sow.	..	+	+	..	..	..
Bakeriæ d'Orb.	+	+	+	+	..	..
tripartitus d'Orb.	+	+	+	+	+	..
Puschi Opp.[2]	+	+	+	+	..	+
viator d'Orb.	..	+	..	+	+	+
Zignodianus d'Orb.	..	..	+	+	..	+
hecticus Hartm.	+	..	+	+	+	..
lunula Ziet.	..	..	..	+	..	..
Adelæ d'Orb.	..	..	+	+	+	+
Hommairei d'Orb.	+	..	+	+	..	..
anceps d'Orb.	..	+	+	+	+	+
coronatus d'Orb.	..	..	..	+	+	..
Posidonomya alpina Gras.	+	..	+	+	+	..
ornati Quenst.	+	..	+	+	..	..

Je ne puis affirmer d'une manière absolue l'association de tous ces fossiles qui paraissent, au premier abord, appartenir à des terrains assez différents; car les couches forment généralement des escarpements abrupts dans lesquels il est difficile de recueillir des fossiles en

[1] J'ai réuni à ce gisement celui des Hugonins.

[2] Paleont. Mittheil., I, p. 216. *A. tatricus* d'Orb. pl. 180, non Pusch.

Digitized by Google

place. Toutefois j'ai trouvé réunis dans la même couche au Grand-Teysachaux, au pied du Moléson : les *Ammonites Humphriesianus, subobtusus, tripartitus, Puschi* et cf. *viator*, et en Cerniaules dans la Marivue, les *Ammonites polymorphus, Puschi* et *tripartitus*. Au Grand-Caudon, la *Posidonomya alpina* Gr. se recueille immédiatement au-dessus des couches jurassiques inférieures, et au-dessous des *Ammonites rectelobatus et Kudernatschi*. Or, cette espèce se trouve dans le département de l'Isère [1] avec les *Ammonites lunula, coronatus* et *Puschi*.

Du reste, ces exemples ne sont pas nouveaux : en 1850, M. F.-J. Pictet [2] signalait déjà des faits de même nature dans la chaîne du Stockhorn, sur le prolongement de ces mêmes couches, et constatait la réunion dans un même bloc, de l'*A. Parkinsoni* avec l'*A. Puschi* et de l'*A. Humphriesianus* avec l'*A. tripartitus*. Plus tard, en 1857, M. Brunner [3] indiquait dans la même chaîne l'association des *Ammonites Parkinsoni, Humphriesianus* et *Deslongchampsi* avec les *A. Puschi, viator, Zignodianus* et *tripartitus*. « J'ai mis, dit ce savant, un soin tout parti-« culier à l'étude de cette question, et il ne me reste pas « le moindre doute soit sur la détermination des espèces, « soit sur leur association. » En dehors de cette région, M. A. Favre [4] a signalé en Savoie, au Leucon près de St.-Gingolf, les *Ammonites Humphriesianus, linguiferus, tripartitus* et la *Posidonomya alpina*.

Toutefois je pense que l'association de toutes ces es-

[1] A. Gras, Catalogue des corps organisés fossiles qui se rencontrent dans le département de l'Isère, 1852.

[2] Archives des Sciences phys. et natur., XV, p. 183.

[3] Geognostische Beschreibung der Gebirgsmasse des Stockhorns. Mém. de la Soc. helv. des Sc. natur., XV, p. 10.

[4] Recherches géologiqnes, II, p. 83.

Digitized by Google

pèces demande une étude plus complète pour être établie d'une manière définitive. Il est fort possible que le *Belemnites hastatus* et les *Ammonites Zignodianus, hecticus, lunula, Adelæ, Hommairei, anceps* et *coronatus* forment une faune spéciale plus récente que celle des autres fossiles cités dans le tableau.

Ces derniers ont été trouvés depuis longtemps dans diverses parties de la chaîne des Alpes. Dès 1853, M. de Hauer [1] les a signalés dans les Alpes autrichiennes, et a nommé les couches qui les renferment couches de Klaus, du nom de la Klaus-Alp, près de Hallstatt. Oppel [2] les a rapportées à la partie supérieure du terrain jurassique inférieur, c'est-à-dire à la zone de l'*A. Parkinsoni*, en constatant qu'elles renferment aussi des espèces appartenant à la grande oolite. Il a reconnu la grande étendue de cet horizon, qu'il nomme *couches à posidonomyes*, et il cite comme les gisements les plus remarquables la Klaus-Alp, la Mitterwand (Tyrol septentrional) et Brentonico [3] (Tyrol méridional). Les fossiles qu'il regarde comme caractéristiques sont les *Ammonites Kudernatschi, subobtusus, Eudesianus, subradiatus, rectelobatus, Martinsi*, l'*Ancyloceras annulatus*, la *Posidonomya alpina* et grand nombre d'espèces de brachiopodes. Ces derniers font défaut dans les Alpes de Fribourg ; l'*Ancyloceras annulatus* qui y manque aussi, se retrouve au

[1] Ueber die Gliederung der Trias- Lias- und Juragebilde in den Nordöstlichen Alpen. Jahrb. der k. k. geol. Reichsanst. 1853, IV, p. 764.

[2] Ueber die weissen und rothen Kalken von Vils in Tyrol. Wurtemberg. naturw. Jahresh. XVII. — Ueber das Vorkommen von jurassischen Posidonomyen-Gesteinen in den Alpen. Zeitschr. der deutsch. geol. Ges. 1863.

[3] Voyez sur cette localité : Benecke, Geogn. pal. Beiträge, I, p. 114.

Digitized by Google

même horizon dans le massif du Stockhorn, où il est cité par M. Brunner. M. Studer [1] et M. Bachmann [2] ont reconnu de nombreux fossiles, appartenant au même horizon, dans les Alpes des cantons de Berne et de Glaris.

TERRAIN OOLITIQUE SUPÉRIEUR. — Il présente des caractères très-différents, suivant qu'on l'examine dans la chaîne du Niremont, ou dans les massifs du Moléson et des Verreaux. Je commencerai par le décrire dans cette dernière région.

a. Le Moléson et la chaîne des Verreaux. Sur les couches à posidonomyes se trouve un calcaire rouge, dur, difficile à attaquer au marteau, quoiqu'il se délite assez facilement à la surface. Sa structure en rognons rappelle beaucoup celle de certaines parties du calcaire des environs de Châtel-Saint-Denis. Il est surmonté de bancs plus schisteux de la même couleur, et d'un calcaire gris en rognons; son épaisseur maximum est de 20 à 30 pieds. On le trouve aussi sur le versant oriental de la chaîne du Mont-Cray, dans le pâturage de Paray-Dornaz.

La faune renfermée dans ce calcaire a été encore peu étudiée [3]. Les échantillons sont difficiles à extraire, et généralement dépourvus de leur test. Voici la liste des espèces que j'ai examinées :

1. Dents de Poissons. J'ai trouvé sur divers points de petites dents de poissons que je n'ai pu déterminer. M. Fischer-Ooster cite le *Sphenodus longidens* Ag. au Mifory (Moléson) et à la Combe d'Allières.

[1] Geologie der Schweiz, II, p. 44, 46.
[2] Mittheil. Bern, 1863, p. 155, 167.
[3] M. Fischer-Ooster a donné le catalogue des espèces que possède le musée de Berne. Protoz. helv., 1869, I, p. 10.

Digitized by Google

2. *Belemnites hastatus* Blainv. Espèce très-commune et atteignant de grandes dimensions.
3. *Belemnites Didayianus* d'Orb. Espèce rare.
4. *Belemnites Sauvanausus* d'Orb.
5. *Ammonites tortisulcatus* d'Orb. Echantillons de petite taille, très-abondants dans la plupart des gisements.
6. *Ammonites* cf. *Manfredi* Opp. Moule correspondant très-bien aux figures d'Oppel pour la forme de la coquille et des sillons; les stries ne sont pas visibles.
7. *Ammonites Arduennensis* d'Orb. Plusieurs échantillons, bien caractérisés. Il faut rapporter à cette espèce l'*A. Toucasianus* signalé avec doute par M. Fischer-Ooster à Trémettaz. L'épaisseur de la coquille au pourtour de l'ombilic est beaucoup moins grande et les côtes sont beaucoup moins infléchies en arrière que dans cette dernière espèce ; les flancs sont plus aplatis.
8. *Ammonites perarmatus* d'Orb. Grand échantillon plus renflé que ne le représente la planche 184 de d'Orbigny, mais de forme et d'ornementation identiques.
9. *Ammonites* sp. du groupe des *perarmati*, et très-voisine de la précédente ; elle en diffère par la disparition des tubercules ombilicaux à un âge peu avancé et par la forme arrondie des tours du côté de l'ombilic. Cette espèce se trouve aussi aux Voirons.
10. *Ammonites plicatilis* d'Orb. Échantillon identique à d'Orb., Jur., pl. 192, f. 3.
11. *Ammonites Martelli* Opp. (*A. plicatilis* d'Orb. pl. 191).
12. *Ammonites*. Plusieurs autres espèces du groupe des *Planulati*.
13. *Ammonites* indéterminées, du groupe des *Phylloceras*.
14. *Ammonites* sp. du groupe de l'*A. Adelæ* d'Orb., se distinguant de cette espèce par la présence de distance en distance de sillons infléchis en avant.
15. *Aptychus latus* Voltz.
16. *Aptychus imbricatus*, H. de Mey.
17. *Inoceramus Oosteri* E. Favre. *Inoceramus Brunneri* Oost. Protoz. Helv., I, p. 38, pl. 13, f. 7-14, non p. 1,

Digitized by Google

pl. 1, f. 1-5, pl. 2, f. 1. M. Ooster a donné le même nom à l'inocérame des couches rouges de la Simmenfluh près de Wimmis et à celui des calcaires rouges que je décris ici. Le premier est généralement mal conservé et a été figuré d'une manière insuffisante ; rien ne prouve son identité avec l'espèce des couches jurassiques. Je crois donc utile de distinguer ces deux inocérames, et comme celui des couches de la Simmenfluh a la priorité de nom, je désigne l'espèce jurassique qui est bien définie et dont M. Ooster a donné de bonnes figures sous le nom de *I. Oosteri*.

18. *Terebratula* sp. du groupe des *nucleati* (*T. nucleata* Fisch.-Oost.). Je ne crois pas qu'on puisse affirmer l'identité de cet échantillon avec cette dernière espèce.
19. *Rhynchonella* sp. (*Rhynch. lacunosa, multistriata* Fisch-Oost.)
20. *Collyrites Friburgensis* Oost. Un bon échantillon de cette espèce a été trouvé à Trémettaz. Deux *Collyrites* mal conservés proviennent du Mifory et de Paray-Dornaz. Ils appartiennent probablement à la même espèce.

M. Fischer-Ooster signale encore un *Apiocrinus* trouvé à la Combe d'Allières qu'il rapporte avec doute à l'*A. impressus* Qu. et un *Tragos* (?) trouvé aux Hugonins.

Le tableau suivant indique les localités où ont été trouvés ces fossiles.

(*Voir le tableau suivant.*)

Plusieurs de ces espèces ont été aussi recueillies dans les calcaires de Châtel-Saint-Denis et des Voirons. Ces couches rouges correspondent probablement à la partie inférieure du terrain jurassique de ces localités, et on peut les rapporter avec assez d'exactitude aux couches de Birminsdorf ou à la zone de l'*Ammonites transversarius*. Du reste, ce n'est pas la première fois que de grands inocérames sont cités dans les terrains jurassiques ; M. Traut-

Digitized by Google

Noms des espèces.	Trémettaz.	Mifory.	Hugonins.	Dent de Lys.	Combe d'Allières.	Paray-Dornaz.
1. Dents de Poissons	..	+	..	..	+	..
2. Belemnites hastatus	+	+	+	+	+	+
3. Didayianus	..	..	..	..	..	+
4. Sauvanausus	?	..	+	..	?	+
5. Ammonites tortisulcatus	+	+	..	+	+	+
6. cf. Manfredi	..	..	..	..	+	+
7. Arduennensis	+	+	..	..	+	+
8. perarmatus	+	..	..	..	..	..
9. (groupe des perarmati)	..	..	..	..	..	+
10. plicatilis	..	..	..	..	+	..
11. Martelli	..	..	..	..	+	+
12. (groupe des planulati)	+	+	..	..	+	+
13. (groupe des Phylloceras)	+	..	+	..	..	..
14. voisine de l'A. Adelæ	+	..	..	..	..	+
15. Aptychus latus	..	..	..	..	+	..
16. imbricatus	+	+	..	..	+	+
17. Inoceramus Oosteri	+	+	..	..	+	..
18. Terebratula sp.	..	?	..	..	..	..
19. Rhynchonella sp.	+	..	+	..	..	..
20. Collyrites Friburgensis	+	?	..	..	..	?

schold [1] en particulier en a signalé dans des marnes aux environs de Ssimbirsk en Russie, où ils sont associés aux *Ammonites polyplocus* et *coronatus*.

Des calcaires d'un gris clair, en bancs de deux à quatre mètres d'épaisseur et renfermant des silex en lits ou en rognons, surmontent les couches rouges; ils sont très-durs, ne se décomposent pas à l'air, mais sont corrodés et découpés par les eaux dans le sens de la plus grande pente. Ils forment des masses puissantes et de hauts escarpements dans les deux chaînes que je décris maintenant.

[1] Der Inoceramen-Thon von Ssimbirsk. Moscou, 1864.

Digitized by Google

La Marivue les traverse sur toute leur épaisseur dans la gorge de l'Evi au-dessus d'Albeuve. Les restes organiques y sont rares et je n'ai pu y trouver que quelques fragments de bélemnites, une ammonite de caractère jurassique du groupe des *planulati* et des *Aptychus* rarement déterminables, sauf un bel échantillon d'*A. imbricatus* provenant de Téjatzaux. Il y a cependant, dans l'épaisseur de ces calcaires, une couche riche en fossiles dont je n'ai pu malheureusement constater la position exacte. C'est un banc de deux à trois pouces d'épaisseur, de calcaire siliceux dont la surface de couleur rougeâtre est formée d'une agglomération de petits rognons. Il se trouve toujours à une grande hauteur dans les escarpements, et la présence de blocs qui en proviennent sur le versant oriental de la chaîne des Verreaux à Chenau, près du col de Lys, indique qu'il est situé dans la partie moyenne ou supérieure des calcaires gris. Il se trouve aussi au-dessus des Hugonins, mais je ne l'ai pas encore reconnu dans la chaîne du Moléson.

Sa faune, peu variée, paraît appartenir à l'étage jurassique supérieur ou du moins à la partie supérieure du calcaire de Châtel. Elle se compose des espèces suivantes :

Belemnites cf. *hastatus* d'Orb.
Rhynchoteuthis, plusieurs espèces.
Aptychus latus Voltz.
» *imbricatus* H. de Meyer.
Terebratula sp. du groupe des *nucleati*.

Dans la chaîne des Verreaux et dans celle du Mont-Cray, on remarque, à la partie supérieure des calcaires gris, des bancs très-droits de un à deux pieds d'épaisseur, d'un calcaire dur, bréchoïde, mat, à veines bleuâ-

Digitized by Google

tres, en rognons à la surface et donnant un assez beau marbre. Ils ont un développement particulièrement remarquable dans la chaîne du Mont-Cray à Grandvillars où ils sont exploités. Je les ai revus dans la même chaîne sur la route de Montbovon à Château-d'Œx, près de la frontière des cantons de Fribourg et de Vaud et dans la chaîne des Verreaux au passage de l'Evi où ils ont été anciennement l'objet d'une exploitation.

Ils renferment les espèces suivantes qui sont mal conservées, sauf les *Aptychus* et les térébratules :

Belemnites, trouvées dans ces trois localités.

Ammonites sp. du groupe des *planulati*. L'ombilic est grand ; les tours sont étroits, ornés de côtes rayonnantes droites et bifurquées sur la région externe. — Grandvillars.

Ammonites sp. du groupe des *planulati* Tours assez larges ornés de côtes peu saillantes très-infléchies en avant sur la région externe. Cette espèce paraît très-voisine de l'*A. Richteri* Opp. (Zittel, Paleont. Mitth. II, pl. 20, f. 9). — Grandvillars.

Aptychus latus Voltz. — dans les trois localités.

» *imbricatus* H. de Mey. — id.

Ces deux espèces sont représentées par de grands et beaux échantillons identiques à ceux de Châtel et des Voirons.

Terebratula Catulloi Pict. (*T. diphya* auct. partim). Neuf échantillons très-bien conservés. — Grandvillars. D'après une note de M. Tawney[1], la *T. diphya* se trouve sur le versant oriental de la chaîne du Mont-Cray, dans le voisinage de Paray-Charbon. C'est probablement la même espèce dont il s'agit ici.

Ces roches sont recouvertes de calcaires néocomiens.

b. Le Niremont et les Corbettes. — Les calcaires jurassiques apparaissent aux environs de Châtel-Saint-Denis au milieu des couches néocomiennes, surmontées elles-

[1] Quarterly Journal, 1869, XXV, p. 305.

Digitized by Google

mêmes par les couches éocènes du flysch. Ce sont des calcaires gris, puissants, dont certaines parties sont compactes et les autres en rognons. J'ai déjà indiqué au commencement de ce travail la disposition des couches de ce terrain ; je ne reviendrai donc pas sur ce sujet.

L'époque du dépôt de ces calcaires a déjà été l'objet de plusieurs discussions ; les fossiles y sont abondants dans certaines localités, mais ont presque toujours été recueillis par des collecteurs qui n'ont pas distingué les divers horizons dont ces calcaires sont les représentants [1]. M. Ooster en a décrit une partie. Voici la liste des espèces que j'ai pu examiner moi-même :

Belemnites hastatus Blainv.
» *Didayanus* d'Orb.
» *Sauvanausus* d'Orb.
Rhynchoteuthis, plusieurs espèces.
Ammonites Zignodianus d'Orb.
» *tortisulcatus* d'Orb., très-abondante.
» *Babeanus* d'Orb.
» *Arolicus* Opp.
» *bimammatus* Quenst. Identique à Quenstedt, Jura, p. 616, pl. 76, f. 9.
» *flexuosus* Munst. Échantillon identique à *A. flexuosus costatus* Quenst., Jura, p. 618, pl. 76, f. 15, et aux échantillons provenant des Voirons et de Lémenc.
» *Constanti* d'Orb.
» *Collinii* Opp.
» *iphicerus* Opp.
» *acanthicus* Opp. Nombreux échantillons bien conservés.

[1] On y a même signalé des mélanges de fossiles jurassiques et néocomiens qui paraissent en effet confirmés par l'identité de la roche, mais qui sont difficiles à admettre tant qu'on n'a pas receuilli soi-même les échantillons en place.

Digitized by Google

Ammonites ptychoicus Quenst.
» *planulati*. Nombreuses espèces identiques à celles des Voirons.
» du groupe des *Phylloceras*.
» sp. très-voisine de l'*A. rotundus* Sow. et probablement identique à cette espèce; elle se trouve aussi aux Voirons et à Cabra en Andalousie.
» sp. du groupe des *perarmati* se distinguant de l'*A. perarmatus* par une région externe plus large et plus arrondie; se retrouve aux Voirons.
Aptychus latus Voltz.
» *imbricatus* H. de Mey.
Posidonomya sp.
Inoceramus sp.
Terebratula janitor Pict.
» sp. du groupe des *nucleati*.
Rhabdocidaris herculea Des.
Collyrites Voltzi Oost.
» *Friburgensis* Oost.

Quoique ces espèces soient peu nombreuses, leur présence dans ces couches donne des renseignements qui ne manquent pas d'importance. Elle y indique en effet la présence de divers horizons géologiques depuis les couches oxfordiennes (zone de l'*Amm. transversarius*) jusqu'à la zone de l'*Amm. tenuilobatus*. L'*A. ptychoicus* et la *Terebratula janitor* appartiennent même encore à un horizon supérieur.

Au-dessus de ces calcaires jurassiques et entre ces couches et les couches néocomiennes proprement dites, se trouvent par places les marnes à crinoïdes que j'ai déjà décrites. Leur faune très-abondante n'a pas encore été étudiée, et je n'y ai pas trouvé une seule espèce connue ; elle renferme plusieurs ammonites [1], de petits gas-

[1] L'une d'elle est assez voisine de l'*A. tenuilobatus*, quoiqu'elle ne puisse être confondue avec celle-ci.

Digitized by Google

téropodes, de nombreux brachiopodes (térébratules et térébratulines), plusieurs espèces d'oursins, enfin une belle série de crinoïdes dont quelques-uns de grandes dimensions. Ces derniers fossiles doivent, semble-t-il, faire ranger ce terrain dans la formation jurassique. Une monographie de cette faune sera d'un grand intérêt pour la science. Les couches qui ont à ma connaissance la plus grande analogie avec celles-ci, se trouvent à Nikolsbourg en Moravie; elles sont situées à la limite des formations jurassique et crétacée et sont aussi très-riches en grands crinoïdes.

Si j'ai classé dans le terrain jurassique diverses formations dont la place, dans la série géologique, est encore discutée, ce n'est pas pour préjuger la question si difficile de la limite des terrains jurassique et crétacé. C'est simplement à cause de l'embarras que j'éprouvais à fixer cette limite. Ainsi, en faisant commencer dans ce travail la série crétacée au terrain néocomien alpin, je ne prétends pas trancher la question, et j'attendrai, pour exprimer une opinion, d'avoir vu dans nos montagnes des coupes plus décisives.

Je me bornerai à faire remarquer la grande variété de faunes et de roches que présentent les terrains dont je m'occupe maintenant. C'est à eux surtout qu'on peut appliquer la remarque faite par M. Gilliéron [1], que les caractères des couches restent semblables parallèlement à la chaîne des Alpes, mais qu'ils changent de nature pour l'observateur qui marche perpendiculairement à cette chaîne. J'ai mis en regard les unes des autres, dans le tableau suivant, trois coupes des formations jurassique su-

[1] Archives des Sciences phys. et natur., XXXVIII, p. 257.

Digitized by Google

périeure et crétacée prises dans des localités qui ne sont pas très-écartées :

NIREMONT	CHAINE DES VERREAUX	WIMMIS[1]
—	Schistes rouges de la craie	Schistes rouges de la craie
Terrain néocom. alpin	Terrain néocom. alpin	—
Marne à crinoïdes		
Calcaire de Châtel, en rognons, gris, contenant :	Couche à Terebr. Catulloi	Calcaire corallien
la Terebratula janitor	Calcaire gris	à
l'Amm. acanthicus	à Aptychus	nérinées et dicérates Calcaire noir kimméridgien à mytilus et ptérocères.
les Amm. bimammatus et torticsulatus	Calcaires bréchoïdes rouges oxfordiens	Calcaire bréchoïde sans fossiles

TERRAIN NÉOCOMIEN. — J'ai déjà décrit les contournements de ce terrain dans la montagne du Niremont et dans celle des Corbettes. Il est formé de calcaires schisteux, gris, à cassure mate, en bancs minces alternant avec des lits de marnes feuilletées, et renferme les fossiles suivants recueillis dans le lit de la Veveyse et dans les divers ravins qui sillonnent les flancs de ces montagnes :

Nombreux restes de poissons[2].
Belemnites dilatatus Blainv.
conicus Blainv.
latus Blainv.
pistilliformis Blainv.
Nautilus neocomiensis d'Orb.
Ammonites subfimbriatus d'Orb.
ligatus d'Orb.
difficilis d'Orb.
Thetys d'Orb.
Ammonites Astierianus d'Orb.
Rouyanus d'Orb.
angulicostatus d'Orb.
Mazyleus Coq.
cassida Rasp.
Honnoratianus d'Orb.
Renauxianus d'Orb.
intermedius d'Orb.
pulchellus d'Orb.
Grasianus d'Orb.

[1] Archives des Sciences phys. et natur., XXXVII, pl. 1.

[2] Je ne cite ici que des fossiles que j'ai déterminés moi-même. M. Ooster en donne une liste plus complète dans les Pétrifications remarquables des Alpes suisses.

Digitized by Google

Ammonites strangulatus d'Orb.
Emerici d'Orb.
Ammonites Jeannoti d'Orb.
Favrei Oost.
Hugii Oost.
Moussoni Oost.
Aptychus angulicostatus Pict. et L.
Didayi Coq.
Ancyloceras Duvalii Lév. sp.
Villersianus d'Orb.
Sabaudianus Pict. et L.
pulcherrimus d' Orb.
Ancyloceras Matheronianus d'Orb.
cinctus d'Orb.
Picteti Oost.
Lardyi Oost.
Ptychoceras Emericianus d'Orb.
Meyrati Oost.
Morloti Oost.
Baculites neocomiensis d'Orb.
Rhynchoteuthis fragilis Pict. et L.
Quenstedti Pict. et L.
Pecten Agassizi Pict. et L.
Terebratula diphyoides d'Orb.

Cette faune appartient au *terrain néocomien alpin* reconnu depuis longtemps déjà dans la chaîne du Stockhorn, aux Voirons, au Môle, dans le Dauphiné, les Basses-Alpes, etc., et qui correspond au *Biancone* de l'Italie septentrionale. La place de cet horizon dans la série des formations a déjà été l'objet de nombreux travaux[1]; je ne m'en occuperai donc pas.

Le même terrain forme le sommet du Moléson et de Trémettaz, mais il ne paraît pas se trouver sur la pointe de Téjatzaux; il repose directement sur les calcaires jurassiques supérieurs et se distingue de loin par des couches minces d'un gris blanchâtre. Il est formé de calcaires marneux assez durs, à cassure mate et blanchâtre, à pâte fine, marquée de taches bleuâtres; les bancs d'environ un pied d'épaisseur sont séparés par des feuillets schisteux et contiennent parfois des rognons de silex. On y trouve les espèces suivantes recueillies soit par M. Gilliéron, soit par moi; quelques-unes se trouvent aussi au musée de Berne :

[1] Voyez surtout les travaux de M. Lory et la Description des fossiles contenus dans le terrain néocomien des Voirons, par F.-J. Pictet et P. de Loriol, 1858.

Digitized by Google

Belemnites bipartitus Blainv.
pistilliformis Blainv. var. subfusiformis.
Ammonites Astierianus d'Orb.
Malbosi Pict.
subfimbriatus d'Orb.
Crioceras Emerici d'Orb.
Aptychus Didayi Coq.
Mortilleti Pict. et L.
noricus Winkl.
Serranonis Coq.
Terebratula diphyoides d'Orb.

Le terrain néocomien occupe la plus grande partie du versant oriental de la chaîne des Verreaux et plonge sous les calcaires crétacés rouges de la vallée de la Sarine, pour reparaître de l'autre côté en couches verticales qui forment les premiers escarpements de la chaîne du Mont-Cray.

Il recouvre immédiatement le calcaire bréchoïde à *Terebratula Catulloi* et cette dernière roche semble passer insensiblement à la roche néocomienne d'un côté et à la roche jurassique sous-jacente de l'autre. Dans la partie supérieure, les couches diminuent d'épaisseur et deviennent d'un gris plus blanchâtre; les silex y sont plus rares. Cette roche a une grande puissance, mais renferme peu de fossiles. M. Gilliéron cite les *Belemnites pistilliformis* Blainv. et *conicus* Blainv. qu'il a recueillis sur le bord de l'Hongrin entre Montbovon et Allières, et M. Colomb a trouvé dans la Veveyse des fragments de *Crioceras* tombés de la crête de la Chérésolettaz.

Terrain crétacé supérieur. — Au-dessus des calcaires néocomiens se trouvent des calcaires marneux et schisteux rouges, parfois veinés de vert, dans lesquels je n'ai pu trouver aucun fossile. Ils sont en couches verticales dans le fond de la vallée de la Sarine et ils forment là une sorte de fond de bateau bordé des deux côtés par les couches néocomiennes. Ils ont la même position de l'autre côté de la chaîne du Mont-Cray dans la vallée de

Digitized by Google

la Sarine, près de Château-d'Œx; ils y enveloppent les couches éocènes du flysch. Ils ne se trouvent ni dans la chaîne du Niremont ni dans le massif du Moléson.

Je ne reviendrai pas sur la discussion qu'a provoquée l'âge de ces couches. Elles ont été confondues par plusieurs savants avec les couches rouges oxfordiennes; mais les travaux de M. Bachmann et de M. Gilliéron [1] ont entièrement éclairci la question, et il suffit de jeter un coup d'œil sur les coupes ci-jointes, pour voir que ces deux terrains sont séparés par toute l'épaisseur des calcaires jurassiques supérieurs à silex et des calcaires néocomiens. Ces couches sont donc crétacées. Quant à l'époque à laquelle il faut les rapporter dans cette série de terrains, elle est difficile à fixer à cause du petit nombre des restes organiques qui y sont renfermés. Le fait qu'à Wimmis on les trouve reposant sur des calcaires à faune corallienne, montre qu'elles sont indépendantes du terrain néocomien proprement dit. La présence, dans cette localité, de grands inocérames, semble indiquer que ces couches ont été déposées à l'époque de la craie, ou à celle du calcaire de Seewen, et l'étude faite par M. Th. Studer [2], des foraminifères qui y sont renfermés, vient confirmer cette détermination.

Formation tertiaire. — Le flysch [3] est formé de

[1] M. Gilliéron a résumé cette discussion. D'après lui, ces couches représentent probablement le reste de la formation crétacée supérieure au terrain néocomien. Archives, etc., XXXVIII, p. 266, 286.

[2] Mittheil. Bern, 1869, p. 177. M. Studer a reconnu dans ces foraminifères les mêmes espèces que celles du calcaire de Seewen. Quelques genres auxquels appartiennent ces espèces sont communs aux terrains jurassique et crétacé.

[3] M. Fischer-Ooster a contesté à diverses reprises l'âge du flysch; mais après avoir parcouru moi-même ces montagnes, il m'est impossible de conserver des doutes sur l'époque du dépôt de cette formation.

Digitized by Google

roches de nature assez diverse : ce sont tantôt des grès fins, durs, en bancs épais, à la surface desquels se voient des formes vermiculaires qui rappellent de grands fucoïdes, tantôt des grès grossiers ou des conglomérats à grains fins, dans lesquels apparaissent parfois des traces charbonneuses, tantôt des marnes feuilletées d'un gris clair, sur lesquelles se dessinent en couleur foncée de nombreux fucoïdes.

La description que j'ai donnée de ces massifs de montagnes, a montré que le flysch y occupe un espace beaucoup moins considérable qu'on ne le croyait d'abord. Un grand nombre de roches diverses avaient été rapportées à cette formation, mais les découvertes successives de fossiles de terrains très-variés, et une étude géologique attentive, en ont beaucoup réduit l'étendue.

Dans la chaîne du Niremont et des Corbettes, où les couches rouges de la craie n'existent pas, le flysch est en contact avec la formation néocomienne qu'il enveloppe de ses replis, et il se trouve dans la même position où M. Favre l'a déjà observé dans la montagne des Voirons[1]. Il se prolonge à l'Est jusqu'au pied du Moléson ; mais il n'existe ni dans cette montagne ni dans la chaîne des Verreaux. On le retrouve près de Château-d'OEx, dans un repli des couches rouges de la craie.

Les montagnes dont je viens de faire l'étude présentent un grand nombre de formations et de faunes successives, depuis le terrain triasique supérieur jusqu'au terrain tertiaire. Malheureusement je n'ai pas pu faire une étude détaillée de ces diverses faunes et les listes que j'ai données des fossiles de cette région sont encore très- incom-

[1] M. Favre a trouvé des nummulites dans cette roche.

Digitized by Google

plètes. Malgré ces lacunes, qui pourront être comblées successivement par des descriptions paléontologiques, j'espère que ce travail offrira quelque intérêt en expliquant la structure d'une région encore peu étudiée, et en indiquant les diverses faunes qui y ont vécu tour à tour.

Il existe de notables différences entre les dépôts de la première chaîne (celle de la Berra), et ceux des chaînes suivantes. Une étude détaillée de la formation jurassique du Niremont, jointe à une monographie de la faune des couches à crinoïdes, aurait le plus grand intérêt au point de vue de la limite des formations jurassique et crétacée. La présence de l'*Amm. acanthicus* et de la *Terebratula janitor*, dans cette montagne et celle de la *Terebratula Catulloi* dans la chaîne du Mont-Cray, dans une région où on ne trouve ni le calcaire kimméridgien à *Mytilus* ni le calcaire à nérinées et dicérates, sont des documents qui ne manquent pas d'importance.

L'examen successif de ces terrains montre que cette région est étroitement liée, au point de vue paléontologique, avec le reste de la chaîne des Alpes. L'analogie de ces formations avec celles du Tyrol méridional et des Alpes vénitiennes est particulièrement frappante, et leur comparaison avec celles des Alpes orientales ou celles de la Bavière nous fournirait aussi plus d'un rapprochement intéressant. Je me bornerai à comparer dans le tableau suivant la formation secondaire depuis le terrain liasique supérieur, dans la région que j'ai étudiée, avec les dépôts de même époque dans le canton de Glaris et dans le Tyrol méridional. Je me suis servi, pour dresser ce tableau, du mémoire de M. Bachmann, *Ueber die Juraformation im Kanton Glarus* (Mittheil. Bern, 1863, p. 143) et du travail de M. Benecke sur le Tyrol (Benecke, Geogn. Pal. Beitr. 1866, I).

Digitized by Google

	Alpes de Fribourg. (*Moléson et Verreaux*).		Canton de Glaris.	Tyrol méridional.
Terrain crétacé.	Calcaire marneux rouge sans fossiles.		Calcaire de Seewen. Gault. Calcaire à rudistes.	Scaglia rouge à Cardiaster italicus, etc.
	Terrain néocomien alpin avec Belemn. latus, Amm. Astierianus Terebratula, diphyoides.		Terrain néocomien.	Biancone, pauvre en fossiles. (Amm. Astierianus, Grasianus, etc. dans les Alpes Vénitiennes).
Terr. jurass. supérieur.	NIREMONT Marnes à crinoïdes. Calcaire de Chatel-S.-Denis avec Terebratula janitor, Ammon. ptychoicus, Amm. acanthicus Aptychus latus et imbricatus,	Couches à Terebr. Catulloi. Calcaires jurass. à silex, pauvres en fossiles (Aptych.).	Schistes noirs. Calcaire corallien (Nerinea Castor, Cardium corallinum, Terebratula Moravica). Calcaire compacte à silex avec Belemnites, Aptychus (Hochgebirgskalk).	Diphyakalk rouge et blanc avec Terebratula diphya, Catulloi, Amm. ptychoicus, etc. Calcaire rouge à Ammon. acanthicus, eurystomus, etc.
	Amm. bimammatus et Arolicus.	Calcaires rouges à Amm. tortisulcat.	Calcaire gris à Bel. hastatus, Amm. Arolicus, tortisulcatus, etc.	
T. bathonien et callovien(?)	Calcaire à Amm. Zignodianus, anceps, hecticus, et à Amm. Humphriesianus, subobtusus, Kudernatschi, tripartitus, Posidonomya alpina, etc.		Oolite ferrugineuse avec Amm. Parkinsoni Martinsi, Deslongchampsi, Ancyloceras annulatus. Zone de l'Amm. Humphriesianus.	Calcaire à Posidonomyes (Klausschichten)
Oolite infér.	Schistes marneux avec Amm. tatricus, Aalensis, opalinus, Murchisonæ.		Zone de l'Amm. Murchisonæ. Schistes argileux à Posidonomya Suessi et à Amm. opalinus.	Couche à Rhynchon. bilobata. Oolite de S. Vigilio avec Amm. Murchisonæ, scissus, fallax, etc.
Lias supér.	Calcaires marneux avec Amm. radians, serpentinus, etc.		Lias supérieur.	Calcaire gris à Terebr. Rotzoana, Renierii, etc.

Digitized by Google

Ce Mémoire a été présenté à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, le 4 août 1870.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Planche II (1).

Fig. 1. Coupe du Niremont, de la plaine près de Semsales au pied du Moléson. Direction ONO-ESE. Échelle $^1/_{30000}$.

Fig. 2. Coupe du Mont Corbettes. La figure représente à la fois la coupe de cette montagne et celle des escarpements de la branche gauche de la Veveyse. Direction ONO-ESE. Échelle $^1/_{25000}$.

Fig. 3. Coupe des Voirons, tirée des « Recherches géologiques » de M. A. Favre (Atlas, pl. IV, fig. 4). Les lettres explicatives correspondent à celles de la figure précédente. Direction N-S. Échelle $^1/_{30000}$.

Planche III (2).

Fig. 1. Coupe de Trémettaz, prise à égale distance entre les sommets du Moléson et de Téjatzaux ; cette coupe est semblable à celle du Moléson. Échelle $^1/_{25000}$.

Fig. 2. Coupe de la Dent de Lys des environs du Gros Mologis à la Sarine près de Montbovon. Échelle $^1/_{30000}$.

EXPLICATION DES SIGNES.

fl. Flysch.
cr. Calcaire schisteux rouge et vert du terrain crétacé supérieur.
n. Terrain néocomien alpin.
c. Marne à crinoïdes.
t. Couche à *Terebratula Catulloi.*
j. Calcaire jurassique de la chaîne du Niremont.
js. Calcaire jurassique supérieur.
jr. Calcaire rouge jurassique.
jp. Calcaires à *Posidonomya alpina.*
ji. Marnes feuilletées à *A. opalinus*, *Murchisonæ*, etc.
l. Terrain liasique supérieur et moyen (?).
r. Couches rhétiques.
d. Dolomie triasique.
ca. Cargneule triasique.

Digitized by Google

Fig. 1.

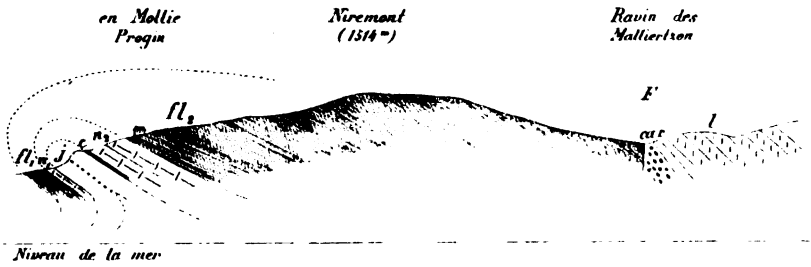


Fig. 2.

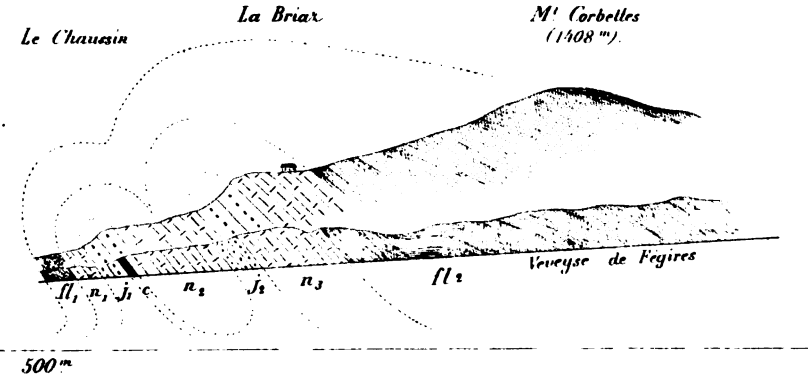
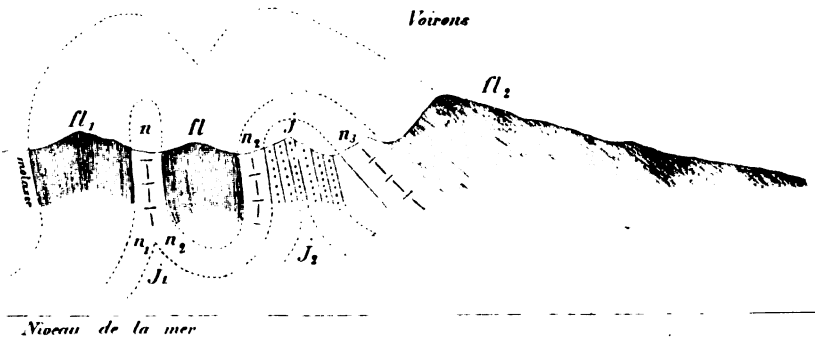
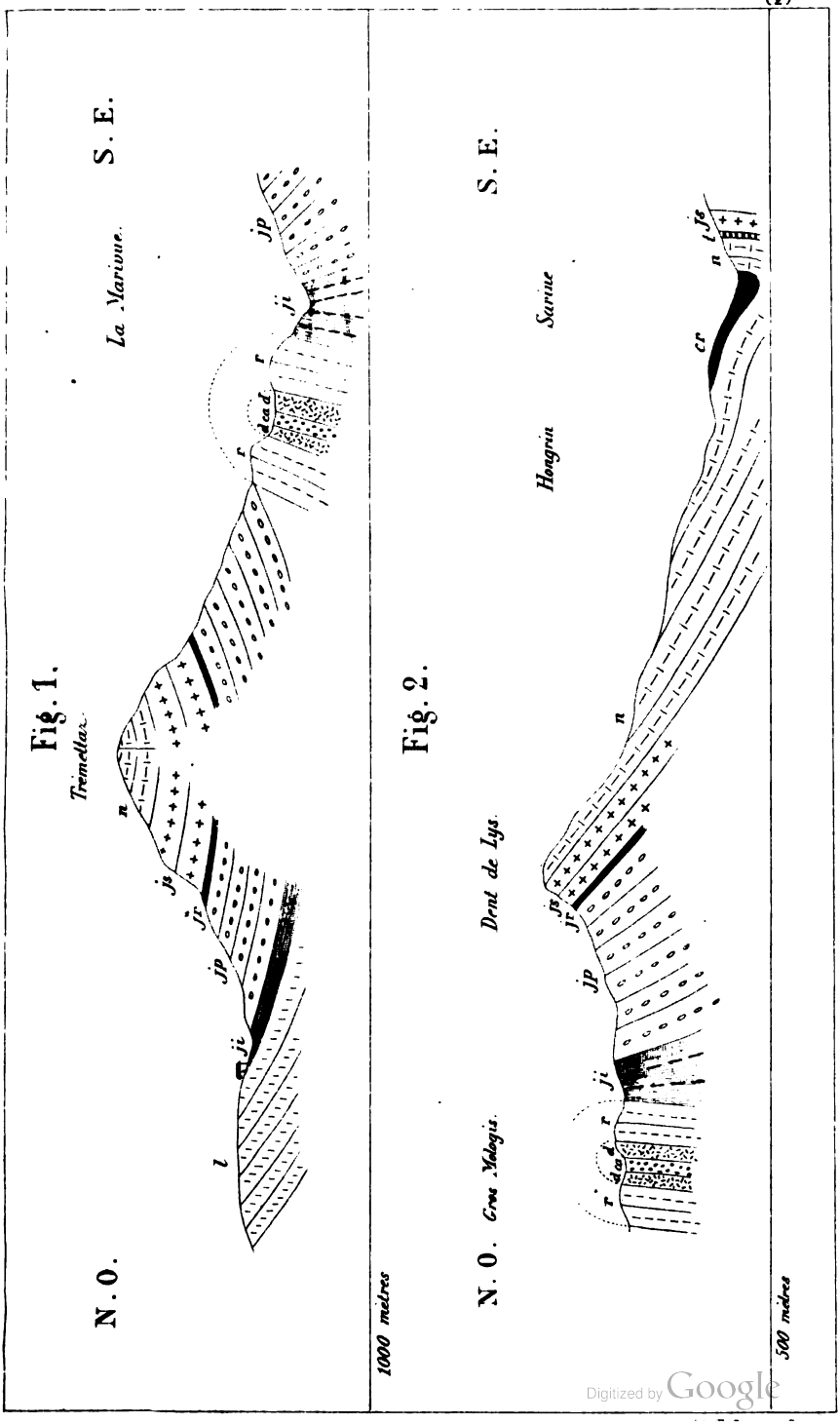


Fig. 3.



Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

RECHERCHES

SUR

LES CHALEURS SPÉCIFIQUES

LES DENSITÉS ET LES DILATATIONS

DE QUELQUES DISSOLUTIONS

PAR C. MARIGNAC

Première partie : CHALEURS SPÉCIFIQUES.

En exposant dans un précédent mémoire [1] quelques recherches préliminaires sur le rôle de l'eau dans les doubles décompositions salines, et sur l'influence qu'elle exerce sur les effets thermiques qui les accompagnent, j'ai signalé quelques faits assez singuliers, mais que je ne pouvais encore considérer comme certains, puisque je n'avais pas tenu compte, dans mes calculs, des chaleurs spécifiques des dissolutions employées.

Dans l'intention de reprendre plus tard l'examen de ces faits, par des méthodes plus rigoureuses, j'ai entrepris une série de recherches sur les chaleurs spécifiques des dissolutions. J'ignorais alors que M. Thomsen s'était livré depuis longtemps à un travail du même genre, qu'il était près de terminer. Ce savant vient d'annoncer la publication prochaine des résultats de ses observations, dont il a déjà donné un résumé sommaire [2].

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, tome XXXVI, p. 319.

[2] *Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin*, 1870, p. 716, et *Archives*, tome XXXIX, p. 153.

Digitized by Google

Bien que cette publication rende à peu près inutile la continuation de mon travail, et que je fusse bien loin encore de lui avoir donné une extension comparable à celle des recherches exécutées par M. Thomsen, je veux exposer les résultats auxquels j'étais déjà parvenu. Plusieurs des composés dont je me suis occupé ont été également l'objet des expériences de ce savant, et, vu la difficulté de ces déterminations, il ne sera pas sans intérêt de comparer les résultats obtenus par des méthodes très-différentes, et qui, si j'en juge par ceux qu'il a déjà publiés, montreront un accord très-satisfaisant. J'ai aussi examiné quelques dissolutions sur lesquelles, peut-être, son attention ne 's'est pas portée, et qui me conduiront à ajouter quelques observations générales à celles que ce savant a déjà présentées.

La méthode que j'ai suivie, pour la détermination des chaleurs spécifiques des dissolutions aqueuses, est l'une des plus simples et des plus connues. Elle consiste à mesurer l'élévation de température produite dans un poids déterminé du liquide par l'introduction d'un corps chaud.

Deux objections ont été faites contre l'exactitude de ce procédé.

La première repose sur la difficulté de connaître exactement la température du corps plongé dans le liquide, ou plutôt, car, je montrerai plus loin, qu'en opérant comme je l'ai fait, cette connaissance exacte a peu d'importance, d'être parfaitement sûr qu'il possède toujours la même température.

Pour écarter cette difficulté, j'emploie, comme source de chaleur, un thermomètre à mercure à grand réservoir. Comme il importe que la transmission de la chaleur

Digitized by Google

se fasse le plus rapidement possible, j'ai fait construire des thermomètres dont le réservoir est formé d'un tube de 9 millimètres de diamètre intérieur, et de 50 centimètres de longueur environ, contourné en forme d'hélice, de manière à pouvoir être entièrement plongé et agité dans un vase cylindrique contenant 150 à 250 centimètres cubes de liquide. La valeur en eau, de ces thermomètres, a varié de 15 à 21 grammes. La transmission de la chaleur était assez rapide pour que le maximum fût atteint en 30 secondes. La tige de ces thermomètres était graduée en divisions d'environ 1 millimètre de longueur, d'égale capacité, et correspondant à peu près à $\frac{1}{10}$ de degré.

Avant l'expérience, on chauffe ce thermomètre dans une étuve, à quelques degrés au-dessus de la température déterminée à laquelle il doit être plongé dans le liquide. On le retire et le rapproche graduellement du vase où il doit être plongé, et l'immersion s'opère à l'instant où le mercure atteint le trait fixé. Je ne crois pas que l'erreur que l'on peut commettre en opérant ainsi, atteigne un quart de division, c'est-à-dire $\frac{1}{40}$ de degré. Comme le thermomètre était plongé à une température d'environ 40° supérieure à celle du liquide dont on mesurait l'échauffement, on voit que l'erreur que l'on peut admettre de ce chef ne doit pas dépasser $\frac{1}{1600}$.

La seconde objection, la plus grave, consiste dans l'inexactitude de tous les systèmes proposés pour corriger les erreurs produites par le rayonnement du vase servant de calorimètre. Mais il y a un moyen très-simple de rendre toute correction inutile. Au lieu de comparer, comme on l'a fait généralement, les variations de température produites par une même source de chaleur dans

Digitized by Google

des poids arbitraires d'eau et du liquide dont on veut mesurer la chaleur spécifique, il suffit de renverser le problème et de déterminer les poids relatifs d'eau et de ce liquide qui éprouvent la même variation de température par l'addition de la même quantité de chaleur. De cette manière, et surtout si les expériences sont faites immédiament l'une après l'autre, dans les mêmes conditions atmosphériques, l'influence de toutes les causes extérieures agit exactement de la même manière et n'entraîne par conséquent aucune perturbation.

On conçoit d'ailleurs qu'il ne s'agit pas ici de réaliser cette identité d'une manière absolue. Pourvu que, dans les deux expériences que l'on compare, les températures observées ne diffèrent que de quelques centièmes de degré, ce qu'il est très-facile de réaliser à la suite d'une seule expérience préalable, on peut se passer de toute correction.

La variation de température, produite dans le liquide par l'immersion et l'agitation du thermomètre calorifère, était mesurée par un thermomètre très-sensible dont les divisions correspondaient à $\frac{1}{50}$ de degré, et dont la lecture se faisait au moyen d'une lunette horizontale.

Les dissolutions salines étaient renfermées dans un vase cylindrique en laiton argenté, dont la valeur en eau avait été déterminée par des expériences antérieures et trouvée de 13 grammes, y compris le thermomètre. Du reste, une erreur, même notable sur cette valeur n'en entraînerait qu'une à peine sensible dans le résultat des expériences, puisqu'elle affecterait également les chaleurs spécifiques de l'eau et de la dissolution qu'on lui compare.

Pour les liquides fortement acides, j'ai employé un vase en verre très-léger, dont la valeur en eau était de $14^{gr},9$.

Digitized by Google

Pour éviter, autant que possible, des influences extérieures, accidentelles et variables, ces vases étaient suspendus par leur rebord supérieur évasé, au moyen d'une feuille de fer-blanc percée d'un trou circulaire, au milieu d'un grand cylindre de même métal, entouré lui-même d'eau à la température ambiante.

Pour que les expériences soient parfaitement comparables, il faut attendre, pour les commencer, que la température du liquide dans le calorimètre soit tout à fait stationnaire sous l'influence du rayonnement extérieur et de l'évaporation superficielle. Cette condition rend un peu longue la première expérience d'une journée, mais il est facile ensuite, en suivant la marche d'un thermomètre extérieur, de porter immédiatement le liquide à une température telle, qu'elle ne variera pas sensiblement pendant un temps bien supérieur à la durée d'une détermination.

En commençant ce travail, j'avais pensé qu'il me suffirait de déterminer, par une série d'essais faits sur l'eau, une relation empirique exprimant, pour chaque différence entre la température du thermomètre calorifère et celle du bain, le rapport des quantités de chaleur cédées par le premier, et gagnées par le second. Mais j'ai dû y renoncer et comparer directement les expériences faites sur chaque dissolution, à des expériences semblables faites immédiatement avant et après sur l'eau.

J'ai remarqué en effet que, tandis que toutes les déterminations faites dans une même journée, ou quelquefois dans deux jours consécutifs où les circonstances atmosphériques n'ont pas changé, présentent en général un très-grand accord, il n'est plus tout à fait aussi satisfaisant quand on compare des expériences faites à des époques

Digitized by Google

un peu différentes, lors même qu'on se retrouve dans les mêmes conditions de température. Cela peut tenir soit à des influences atmosphériques autres que la température, par exemple à l'état hygrométrique de l'air, soit à ce que, à des époques un peu éloignées, on ne conserve plus la même uniformité dans les mouvements pour plonger le calorifère dans le bain et pour l'agiter.

Chaque expérience pouvant se faire assez rapidement, la détermination de la chaleur spécifique de chaque dissolution a toujours été répétée au moins cinq à six fois et résulte de la comparaison des résultats avec ceux d'autant d'essais semblables exécutés sur l'eau, et alternant avec ces expériences.

En réalité, cette condition ne rend ces déterminations plus laborieuses qu'en apparence. En effet, si l'on voulait comparer les expériences faites sur une dissolution à celles qu'on aurait faites sur l'eau, aux mêmes températures, à plusieurs jours de distance, on serait forcé de comparer à peu près journellement le thermomètre du calorimètre et le thermomètre calorifère à un thermomètre étalon. Or, cette comparaison, pour atteindre le degré de précision nécessaire, est au moins aussi longue que les expériences relatives à la détermination des chaleurs spécifiques.

Enfin, je dois remarquer que ce mode d'opérer a non-seulement l'avantage de rendre toute correction inutile, et d'écarter les erreurs qui pourraient résulter d'un déplacement du zéro dans les thermomètres employés, mais encore celui de rendre insensibles celles qui pourraient avoir pour cause une imperfection dans la graduation des thermomètres, imperfection qu'il est impossible d'éviter complétement, lorsqu'il s'agit d'expériences pour les-

Digitized by Google

quelles une erreur d'un centième de degré influe d'une manière très-sensible sur les résultats. En effet, dans les expériences comparatives faites sur l'eau et sur un autre liquide, si l'échauffement est le même dans les deux cas, et si les températures initiales et finales sont les mêmes de part et d'autre, à quelques centièmes près, la détermination n'est affectée par les erreurs de graduation du thermomètre que dans la mesure excessivement faible où ces erreurs de graduation peuvent porter sur une portion de l'échelle thermométrique de quelques centièmes de degré.

La publication annoncée comme prochaine, du mémoire de M. Thomsen, sur le même sujet, diminuant beaucoup l'importance de mes propres recherches, je ne me propose pas de donner en détail les chiffres de toutes mes expériences, et je me bornerai à en indiquer les résultats moyens.

Mais je veux cependant, pour que l'on puisse bien juger de la marche suivie et de l'accord que présentent les diverses observations, exposer en détail les expériences relatives à deux séries de déterminations. Je prends, comme exemples, celles qui se rapportent à la chaleur spécifique des dissolutions d'acide chlorhydrique renfermant, pour une molécule d'acide ($HCl = 36,5$), 50 et 100 molécules d'eau (900 et 1800).

L'étude de ces deux dissolutions ayant eu lieu dans deux jours consécutifs, offrant des conditions atmosphériques absolument semblables, j'ai réuni, en une seule série, toutes les expériences faites sur l'eau.

Le calorimètre employé était le vase de verre équivalant à $14^{gr},9$ d'eau. La quantité d'eau employée a été de 170^{g} pour chaque expérience. Le thermomètre calorifère

Digitized by Google

était plongé à une température T=65°,10. Je désigne par t et t' la température initiale et la température finale du calorimètre, et par r le rapport $\frac{T-t'}{t'-t}$.

Eau, 170 grammes.

t	t'	$t'-t$	$T-t'$	r
19,78	23,26	3,48	41,84	12,023
19,86	23,35	3,49	41,75	11,963
20,06	23,53	3,47	41,57	11,980
20,12	23,57	3,45	41,53	12,037
19,80	23,28	3,48	41,82	12,017
19,69	23,18	3,49	41,92	12,011
20,04	23,505	3,465	41,595	12,004
19,91	23,385	3,475	41,715	12,004

La moyenne de toutes ces expériences est $r=12,005$. Le calorimètre et l'eau qu'il contient, équivalant à 183 grammes d'eau, on en déduit 15gr,402 pour la valeur du thermomètre calorifère.

HCl+50Aq, 182 grammes.

t	t'	$t'-t$	$T-t'$	r
19,92	23,40	3,48	41,70	11,983
20,01	23,49	3,48	41,61	11,957
20,10	23,57	3,47	41,33	11,968
20,08	23,54	3,46	41,56	12,011
19,92	23,39	3,47	41,71	12,020
19,92	23,38	3,46	41,72	12,057
			Moyenne. . .	12,000

On aura donc pour la chaleur spécifique de cette dissolution :

$$C=\frac{15,402\times 12,00-14,9}{182}=0,9336$$

Digitized by Google

HCl+100 Aq, 176 grammes.

t	t'	$t'-t$	$T-t'$	r
19,81	23,19	3,48	41,81	12,014
19,73	23,22	3,49	41,88	12,000
19,92	23,40	3,48	41,70	11,983
19,98	23,45	3,47	41,65	12,003
20,02	23,495	3,475	41,605	11,973
			Moyenne. . .	11,995

$$C=\frac{15,402\times 11,995-14,9}{176}=0,9650$$

Je ne pense pas que l'erreur de ces déterminations puisse dépasser 0,002, en y comprenant celle qui peut dépendre de la préparation même des dissolutions, à laquelle j'ai donné le plus grand soin.

Après avoir indiqué les raisons qui me font considérer comme très-exacte, en même temps que très-simple, la méthode que j'ai employée, je dois en signaler cependant un grave inconvénient, que je ne crois pas insurmontable, mais que je n'ai pas encore réussi à écarter, et qui m'a arrêté depuis quelque temps dans l'application de ce procédé.

La construction des thermomètres à réservoir en forme d'hélice très-resserrée, présente de grandes difficultés, et l'habile constructeur qui me les a fournis paraît avoir été forcé, pour cela, de prendre des tubes d'un verre un peu épais. Il résulte de cette épaisseur, et de la torsion qu'ils ont subie, qu'ils sont extrêmement fragiles pour les variations brusques de température qu'ils sont appelés à subir dans l'immersion subite, bien que ces variations n'aient jamais dépassé 45°. Aucun de ces appareils n'a pu résister à une bien longue série d'expériences. Mais je crois que l'on parviendrait à en faire d'un verre plus mince, qui pourraient supporter ces brusques transitions.

Digitized by Google

Ayant désiré déterminer les chaleurs spécifiques de quelques dissolutions dans le sulfure de carbone, j'ai dû renoncer à la méthode précédente, qui ne peut convenir pour un liquide aussi volatil. J'ai opéré, dans ce cas, de la manière suivante :

La dissolution est renfermée dans un ballon de verre de 40 centimètres cubes de capacité. Un thermomètre très-sensible en indique la température. Le col de ce ballon est assez étroit pour être presque rempli par la tige du thermomètre ; un tube mince de caoutchouc, serré entre deux, le ferme exactement.

Après avoir chauffé le liquide à une température un peu supérieure à celle à laquelle doit commencer l'expérience, on le laisse refroidir en l'agitant continuellement, et, au moment où le thermomètre marque le degré fixé, on le plonge dans le calorimètre disposé comme dans les expériences précédentes, et renfermant 140 à 150 grammes d'eau. Un second thermomètre fait connaître la température initiale de celle-ci, qui doit être tout à fait stationnaire sous l'influence des causes extérieures, et l'élévation qu'elle subit par la communication de la chaleur transmise par la dissolution chaude. On a soin, d'ailleurs, d'agiter continuellement le ballon dans le calorimètre jusqu'à ce que le maximum soit atteint.

D'ailleurs, toute correction est évitée, comme précédemment, par la comparaison avec d'autres expériences, réalisant les mêmes conditions, faites avec un liquide dont la chaleur spécifique est connue.

Il est impossible d'obtenir, par ce procédé, des résultats aussi exacts que ceux que donne la méthode précédente, à cause de la plus grande durée de l'expérience. En effet, le maximum, au lieu d'être atteint en 30 se-

Digitized by Google

condes, ne s'établit qu'au bout de trois à quatre minutes, en sorte que la plus légère différence, dans l'action des causes extérieures ou dans l'agitation du ballon, peut exercer une influence sensible sur le résultat. Cependant, on obtient encore des résultats très-concordants lorsque la température extérieure demeure à peu près constante, pourvu que l'on s'assure avec le plus grand soin que la température du calorimètre demeure pendant plus de cinq minutes absolument invariable.

En raison de la faible chaleur spécifique du sulfure de carbone, j'aurais été forcé, si j'avais voulu me servir de l'eau pour les expériences de comparaison, de n'en mettre dans le ballon qu'une dizaine de grammes, ce qui n'eut pas suffi pour baigner complétement le thermomètre intérieur. Il eût été à craindre que, dans ces conditions, les expériences fussent peu comparables. J'ai donc préféré prendre, pour terme de comparaison le sulfure de carbone lui-même, liquide dont la chaleur spécifique est bien connue.

M. Regnault a déterminé cette chaleur avec beaucoup de soin, et a donné la formule suivante pour calculer la quantité de chaleur nécessaire pour chauffer ce liquide de o à t°.

$$Q = 0{,}2352314t + 0{,}00008143131t^2.$$

On calcule au moyen de cette formule que la chaleur spécifique moyenne entre 17° et 44°, limites de mes expériences, est de 0,2374. Les expériences de M. Hirn[1] indiquent un résultat un peu plus élevé, car il trouve 0,23878 pour la chaleur spécifique à 30°. J'ai adopté le nombre moyen 0,238.

[1] *Annales de chimie et de physique*, 4e série, tome X, p. 84.

Digitized by Google

Avant que de commencer les déterminations relatives à ces dissolutions, j'ai procédé à un grand nombre d'expériences préliminaires sur l'eau pour bien connaître les conditions qu'il fallait remplir pour les rendre comparables.

J'ai constaté que, tant que la quantité d'eau contenue dans le ballon reste la même, on peut faire varier sa température au moment de l'immersion, même dans des limites très-étendues, sans qu'il en résulte un changement sensible dans la valeur du rapport $r=\frac{T-t'}{t'-t}$, en sorte que toutes les expériences faites dans ces conditions conduisent au même chiffre pour la valeur en eau du ballon et du thermomètre qu'il contient.

Mais si l'on change le poids de l'eau contenue dans le ballon, on trouve un nombre différent pour exprimer cette même valeur, en sorte que cette nouvelle série d'expériences n'est plus comparable à la première.

On peut bien se rendre compte de ces résultats si l'on remarque qu'il y a deux causes principales de perte de chaleur, le rayonnement extérieur du calorimètre et le fait qu'au moment où il indique le maximum, le liquide du ballon possède encore une température supérieure à celle qu'on lui attribue dans le calcul en le supposant ramené à la température du calorimètre.

Or, la durée des expériences demeure la même quelle que soit l'élévation de température obtenue, le maximum s'établissant vers la fin d'autant plus vite que l'excès de température étant plus grand détermine un plus fort rayonnement. Il en résulte que la première cause de perte est à peu près proportionnelle à l'élévation de température obtenue, en sorte que le rapport des variations

Digitized by Google

de température du ballon et du calorimètre en est réduit toujours dans la même proportion ; il demeure donc constant pour toutes les expériences d'une même série.

Quant à la chaleur perdue par la seconde cause, elle est à la fois proportionnelle à l'excès de la température intérieure sur la température extérieure, lequel doit être lui-même proportionnel à l'élévation de la température du calorimètre, et encore au poids de l'eau contenue dans le ballon.

Il résulte de là qu'on ne peut comparer entre elles que les expériences dans lesquelles le liquide contenu dans le ballon représente la même valeur en eau, mais qu'il n'est pas nécessaire de s'astreindre à ce que la température initiale soit toujours la même.

En conséquence, j'ai réuni en une seule série toutes les expériences faites à diverses reprises sur le sulfure de carbone pur pour en déduire la valeur du ballon et du thermomètre, en ayant soin seulement d'employer toujours à peu près le même poids de ce liquide (environ 43 grammes), et de prendre ensuite des poids des diverses dissolutions équivalents à cette quantité par leur chaleur spécifique.

Je vais maintenant exposer les résultats de mes observations, en commençant par les dissolutions aqueuses.

J'ai adopté pour les formules des corps composés les notations atomiques, l'hydrogène étant pris pour unité. Elles sont donc identiques avec celles de M. Thomsen.

Les résultats obtenus pour chaque substance sont présentés sous forme de tableaux dans lesquels je désigne par :

n le nombre de molécules d'eau pour une molécule de la substance dissoute;

Digitized by Google

c la chaleur spécifique de la dissolution pour l'unité de poids ;

p le poids moléculaire de la dissolution ;

$C = pc$ la chaleur moléculaire, tant celle qu'a donnée l'expérience que celle qui résulte d'une formule empirique indiquée plus loin pour chaque cas.

Une dernière colonne donne la valeur de $C - 18n$, c'est-à-dire la différence entre la chaleur moléculaire de la dissolution et celle de l'eau seule contenue dans celle-ci. J'ai employé dans le calcul de ces différences les valeurs de C calculées par la formule d'interpolation, afin que la loi de progression de ces différences ne fût pas masquée par l'incertitude des valeurs de C données par l'expérience pour des dissolutions très-étendues.

Bien que je donne dans ces tableaux les valeurs de la chaleur spécifique c avec quatre décimales pour représenter fidèlement la moyenne de mes expériences, je reconnais qu'on peut très-bien supprimer la quatrième. Je crois que la troisième doit être exacte à une ou deux unités près.

Acide sulfurique.

L'acide employé dans mes expériences avait été purifié par distillation et amené exactement à l'état de monohydrate par des congélations répétées jusqu'à ce qu'il ne présentât plus aucun indice de fusion à la température de 10 degrés.

Pour l'acide monohydraté et pour les mélanges de cet acide avec 5, 10, 15 et 25 équivalents d'eau, j'ai dû employer un vase en verre au lieu du vase métallique qui a servi aux autres expériences. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

Digitized by Google

$H^2O,SO^3+nAq.$

n	c^1	p	C Observé	C Calculé	C—18n
0	0,3315	98	32,5	»	»
5	0,5764	188	108,4	108,4	+18,4
10	0,7212	278	200,5	200,5	20,5
15	0,7919	368	291,4	290,2	20,2
25	0,8537	548	468	468	18
50	0,9155	998	914	914	14
100	0,9545	1898	1812	1812	12
200	0,9747	3698	3604	3610	10
400	0,9878	7298	7209	7209	9

La formule empirique qui permet de représenter ces résultats et de calculer les chaleurs spécifiques pour toute autre dissolution, est :

$$C=18n+8,58+\frac{334,8}{n}-\frac{2882}{n^2}+\frac{7262}{n^3}$$

Mais on doit bien remarquer qu'elle donnerait des résultats tout à fait inexacts pour des dissolutions renfermant moins de cinq molécules d'eau.

L'acide sulfurique est un des corps dont M. Thomsen a déjà fait connaître la chaleur spécifique[2]. Ses expériences ne sont pas directement comparables aux miennes, parce qu'il rapporte ses dissolutions à l'acide sulfurique anhydre, auquel il suppose ajoutés 5, 10, 20, etc., équivalents d'eau. Mais il est facile de comparer les résultats de ses observations à ceux que l'on déduit de la formule précédente pour les chaleurs moléculaires. On trouve ainsi, en conservant à n la même signification que dans le tableau précédent :

[1] Ces valeurs sont relatives à une température de 16 à 20 degrés.
[2] *Archives des Sciences phys. et natur.*, tome XXXIX, p. 153.

Digitized by Google

n	C calculé	Thomsen
4	»	92,7
9	182,2	182,0
19	361,2	360,8
49	896,2	899,6
99	1794	1795
199	3592	3591

L'accord est aussi satisfaisant qu'on peut l'espérer.

J'ai craint que la méthode employée dans ces déterminations, très-convenable pour les dissolutions salines, ou pour des mélanges d'acide et d'eau en excès, ne comportât une grande incertitude pour l'acide sulfurique monohydraté ou mélangé avec une très-faible proportion d'eau.

En effet, un pareil liquide tendant, au lieu de s'évaporer au contact de l'air, à en absorber l'humidité et à s'échauffer, les expériences ne se font plus dans des conditions identiques avec celles de comparaison sur l'eau. Ainsi pour obtenir une température stationnaire au commencement de l'expérience, il faut que la température du bain d'acide soit d'environ quatre degrés supérieure à celle de l'atmosphère. De plus, la grande différence de chaleur spécifique des liquides force d'en employer des volumes très-différents.

Cette crainte m'a engagé à répéter ces déterminations, pour l'acide monohydraté seul ou mélangé de un à cinq équivalents d'eau, en employant la seconde méthode, c'est-à-dire en opérant dans un ballon fermé, comme je l'ai indiqué au commencement de ce mémoire pour les dissolutions dans le sulfure de carbone.

On rencontre seulement alors une autre difficulté. Soit en raison de la viscosité de l'acide concentré, soit parce

Digitized by Google

que le plus grand volume qu'on est forcé d'en mettre dans le ballon, pour avoir une masse calorifique égale à celle de l'eau, empêche que l'agitation n'en mélange aussi bien les diverses parties, la transmission de la chaleur à l'eau du calorimètre, a lieu plus lentement. Or, si l'expérience dure plus longtemps, les pertes par rayonnement ne sont plus identiques. On peut remédier à cet inconvénient, après quelques essais, en réglant la vitesse d'agitation du ballon dans le calorimètre de manière à obtenir dans toutes les expériences une même durée.

Cette seconde série d'expériences m'a donné les résultats suivants, exprimant la chaleur spécifique entre 20 et 56° :

n	c	p	C	C—18n
0	0,3363	98	33	»
1	0,4411	116	51,2	33,2
3	0,5056	152	76,8	22,8
5	0,5833	188	109,7	19,7

Comparons maintenant ces résultats à ceux des expériences précédentes, ou obtenus par d'autres observateurs.

H^2O,SO^3. J'ai trouvé : c=0,3315 entre 17 et 22°.
c=0,3363 entre 20 et 56°.

Ces nombres se confirment réciproquement, leur différence étant bien de l'ordre de celle qui doit résulter de la différence des températures pour lesquelles ces chaleurs ont été déterminées.

Les déterminations antérieures avaient donné :

Digitized by Google

0,343 entre 21 et 46°. H. Kopp[2].

0,3413 entre 13 et 77°. Pfaundler[3], anciennes déterminations.

0,355 entre 22 et 80°. Pfaundler[4], nouvelles expériences.

On peut conclure d'ailleurs de l'ensemble des observations de ce savant pour des températures plus élevées, et, par analogie, que le résultat eût été environ 0,352 entre 22 et 60°.

On voit que j'ai obtenu des résultats un peu moins élevés que MM. H. Kopp et Pfaundler. S'il était permis de supposer que ces savants eussent employé dans leurs expériences un acide sulfurique simplement concentré par une ébullition prolongée, ces différences seraient en grande partie expliquées par ce fait seul.

En effet, un tel acide renferme à peu près $\frac{1}{12}$ d'équivalent d'eau de trop. On aurait donc, en partant du résultat que j'ai obtenu pour l'acide monohydraté, savoir: $c=0,3363$ et $C=33$:

99,5 pour le poids moléculaire de l'acide concentré par ébullition,

34,5 pour sa chaleur moléculaire, et

0,3467 pour sa chaleur spécifique.

H^2O,SO^3+Aq. Je trouve $c=0,4411$ entre 20 et 56°.

Ce résultat s'accorde exactement avec les dernières observations de M. Pfaundler; il a obtenu, en effet :

0,447 entre 22 et 80°

0,444 entre 22 et 70°.

[1] *Annales de chim. et de phys.*, 3e série, XXXIII, 437.

[2] *Poggendorffs Annalen*, LXXV, 98.

[3] *Journal für praktische Chemie*, CI, 507.

[4] *Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin*, 1870, p. 798.

Digitized by Google

H^2O,SO^3+5Aq. J'ai obtenu : 0,5764 entre 15 et
0,5833 entre 20 et

La différence de ces résultats paraît bien en rap avec la différence des températures auxquelles ils se portent.

Les résultats obtenus dans ces nouvelles déterm tions me semblent donc confirmer ceux de la prem série.

On remarquera d'ailleurs que ces expériences co ment entièrement le fait curieux établi par M. Pfaunc savoir que le premier équivalent d'eau ajouté à l'a sulfurique monohydraté augmente sa chaleur spécifi d'une quantité précisément égale à celle de l'eau ajou tandis que pour toute dilution ultérieure, il y a une p très-notable de chaleur spécifique. Ce fait est probal ment en rapport avec l'existence de ce bihydrate con composé parfaitement défini.

Sulfate de soude, Na^2O,SO^3+nAq.

n	c	p	C Observé	C Calculé	C—1
50	0,8890	1042	926,3	926,3	+26
100	0,9345	1942	1815	1815	+15
200	0,9625	3742	3602	3602	+ 2
400	0,9805	7342	7199	7193	— 7

Une dissolution à 40 équivalents d'eau cristallisan la température ordinaire, je n'ai pu opérer sur des solutions plus concentrées que celle à 50 équivalents

Les trois premières déterminations conduisent à la mule :

$$C=18n-16,34+\frac{4094}{n}-\frac{98000}{n^2}.$$

On voit que pour des dissolutions renfermant plus

Digitized by Google

200 molécules d'eau, la chaleur spécifique est inférieure à celle de l'eau seule. On voit de plus qu'il y a toujours diminution de chaleur spécifique par le mélange de l'eau avec une dissolution de sulfate de soude.

Des observations sur la chaleur spécifique des dissolutions de sulfate de soude ont été déjà publiées par M. Schüller[1]. Ses expériences ne portent pas sur des dissolutions de même titre que celles que j'ai examinées. Mais il a déduit de ses résultats une formule empirique qui permet de calculer les chaleurs spécifiques pour toutes les proportions de sel dissous. Ce calcul appliqué aux dissolutions que j'ai étudiées donnerait les résultats suivants, que je mets en regard de ceux que j'ai obtenus :

	Observé	Formule de Schüller
$Na^2O,SO^3 + 50Aq$	0,8890	0,8916
— $+100$	0,9345	0,9392
— $+200$	0,9625	0,9678
— $+400$	0,9805	0,9835

Les différences, surtout pour les dissolutions à 100 et 200 équivalents d'eau, me paraissent dépasser les erreurs possibles dans mes expériences.

Bisulfate de soude : $\left.\begin{matrix}Na\\H\end{matrix}\right\}O,SO^3 + nAq.$

n	c	p	C Observé	C Calculé	C—18n
25	0,8683	570	495	495	+45
50	0,9146	1020	933	933	+33
100	0,9497	1920	1823	1823	+23
200	0,9719	3720	3615	3618	+18

[1] *Poggendorffs Annalen*, tome CXXXVI, p. 70.

Digitized by Google

La formule empirique calculée sur les trois premiè
déterminations est :

$$C = 18n + 11,65 + \frac{1292}{n} - \frac{11500}{n^2}.$$

Il est intéressant de comparer les chaleurs molécul
res des dissolutions au même titre de sulfate de sou
de bisulfate et d'acide sulfurique.

n	H^2O,SO^3	$\left.\begin{matrix}H\\Na\end{matrix}\right\}O,SO^3$	Na^2O,SO^3
25	468	495	»
50	914	933	926
100	1812	1823	1815
200	3610	3618	3602
400	7210	»	7194

La chaleur moléculaire des dissolutions de bisulf
n'est point égale à la moyenne des chaleurs moléculai
de l'acide sulfurique et du sulfate neutre. Elle leur
toujours supérieure. Il y a donc toujours augmentat
de chaleur spécifique par le mélange de dissolutions d
cide sulfurique et de sulfate de soude. Ce fait est en ra
port avec l'abaissement de température produit par
mélange.

Acide chlorhydrique : $HCl + n$ Aq.

n	c	p	C Observé	C Calculé	C—
6,25	0,6687	149	99,6	99,6	—1
12,5	0,7881	261,5	206,1	206,1	—1
25	0,8787	486,5	427,5	426,8	—2
50	0.9336	936,5	874,3	874,3	—2
100	0,9650	1836,5	1772	1773	—2
200	0,9835	3636,5	3576	3572	—2

La chaleur moléculaire peut être calculée par la f
mule :

Digitized by Google

$$C=18n-28,39+\frac{140}{n}-\frac{268}{n^2}.$$

On voit que la chaleur spécifique des dissolutions d'acide chlorhydrique est toujours inférieure à celle de l'eau seule qu'elles contiennent ; cela est vrai même pour la dissolution la plus concentrée que j'ai examinée, qui renferme 24,5 pour 100 d'acide. Il y a toujours aussi diminution de chaleur spécifique par le mélange de l'eau avec ces dissolutions.

L'acide chlorhydrique est un des corps pour lesquels les résultats obtenus par M. Thomsen ont été déjà publiés; voici la comparaison des chaleurs moléculaires trouvées par ce savant avec celles qu'indique la formule que j'ai déduite de mes expériences :

n	Thomsen	Calcul
10	162,0	162,9
20	338,5	338,0
50	872	874
100	1769	1773
200	3557	3572

Les différences ne dépassent guère les erreurs possibles de part et d'autre, sauf pour la dissolution à 200 molécules d'eau.

Le résultat obtenu par M. Thomsen pour cette dissolution me semble bien faible; il supposerait une singulière anomalie dans la loi de progression des différences C—18*n*.

Chlorure de sodium : NaCl+*n*Aq.

n	*c*	*p*	C Observé	C Calculé	C—18*n*
12,5	0,8100	283,5	229,6	229,6	+ 4,6
25	0,8760	508,5	445,5	445,5	— 4,5
50	0,9280	958,5	889,5	888,3	—11,7
100	0,9596	1858,5	1783	1784	—16
200	0,9782	3658,5	3578	3582	—18

Digitized by Google

La chaleur moléculaire est exprimée par la formule :

$$C = 18n - 20,45 + \frac{481}{n} - \frac{2100}{n^2}.$$

L'inspection de la dernière colonne montre que la dilution d'une dissolution de chlorure de sodium entraîne toujours une diminution de chaleur spécifique moléculaire. Une dissolution renfermant environ 18 molécules d'eau pour une de sel a la même chaleur spécifique que l'eau qu'elle renferme, mais pour les dissolutions plus étendues la chaleur spécifique est inférieure à celle de l'eau qui y est contenue.

L'étude des dissolutions de chlorure de sodium a été faite aussi par M. Schüller. D'après ses expériences leur chaleur spécifique serait exprimée par la formule :

$$C = 0,9624 \frac{100 + 0,214p}{100 + p}.$$

p exprimant le poids de sel dissous dans 100 parties d'eau, et 0,214 la chaleur spécifique du chlorure de sodium à l'état solide.

Cette formule est évidemment inexacte pour des dissolutions très-étendues, puisqu'on en conclurait que la chaleur spécifique de ces dissolutions ne pourrait pas dépasser 0,9624, quelque petite que fût la proportion de sel.

Voici quelles seraient, d'après cette formule, les chaleurs spécifiques des dissolutions que j'ai examinées :

n	p	Calculé	Observé
12,5	26	0,8063	0,8100
25	13	0,8754	0,8761
50	6,5	0,9162	0,9282
100	3,25	0,9386	0,9592
200	1,62	0,9503	0,9785

Digitized by Google

Le désaccord est complet pour les dissolutions renfermant plus de 25 molécules d'eau.

Sucre : $C^{12}H^{22}O^{11}+nAq$[1].

n	c	p	C	C—18n
25	0,7558	792	598,6	148,6
50	0,8425	1242	1046	146
100	0,9091	2142	1947	147
200	0,9500	3942	3745	145
400	0,9742	7542	7347	147

Les nombres de la dernière colonne peuvent, dans la limite des erreurs d'expérience, être considérés comme égaux. On en conclut que la chaleur spécifique d'un mélange d'eau et d'une dissolution de sucre est toujours sensiblement égale à la somme des chaleurs spécifiques des deux liquides mélangés.

On peut donc admettre que pour toute dissolution de sucre, la chaleur spécifique est la somme de celles de l'eau et du sucre, que le nombre moyen 147 exprime la chaleur moléculaire du sucre à l'état liquide, et que sa chaleur spécifique, pour l'unité de poids, serait par conséquent 0,430.

D'après M. H. Kopp, la chaleur spécifique du sucre à l'état solide est 0,301, sa chaleur moléculaire 103 ; le rapport de ces nombres à ceux qui se rapportent à l'état liquide n'offre rien d'anormal.

[1] Des considérations théoriques, sur lesquelles je reviendrai à la fin de ce mémoire, m'ont fait désirer d'étudier des dissolutions de substances qui n'appartiendraient point au groupe des sels, des acides et des bases. La difficulté de trouver de pareils corps, présentant d'ailleurs les conditions d'une grande solubilité, d'une composition parfaitement définie et de ne point se combiner avec l'eau, fait que je n'ai encore su trouver que le sucre dont la dissolution aqueuse se prêtât à ces essais.

J'ai employé du sucre candi très-pur.]

Digitized by Google

Dissolutions dans le sulfure de carbone.

Comme je l'ai indiqué au commencement de ce : moire, les expériences relatives à ces dissolutions toutes été comparées à celles faites sur le sulfure de (bone pur, en admettant pour la chaleur spécifique d(liquide le nombre 0,238. Cinq séries d'observations tes pendant la durée de ces recherches ont servi à dé miner la valeur en eau du ballon contenant le liquide a le thermomètre intérieur qui faisait connaître la temp(ture fixe de 43°,59 au moment où on le plongeait d le calorimètre.

Le calorimètre renfermait toujours 140 gram d'eau, auxquels il faut ajouter 13 grammes pour la leur du vase et du thermomètre. Le ballon renfer environ 44 grammes de sulfure de carbone, ou un p(de chaque dissolution déterminé par une expérience p liminaire pour obtenir toujours le même réchauffem du calorimètre.

Soufre : $S+nCS^2$.

n	c	p	C	C—18,1n
1	0,229	108	24,7	6,6
2	0,232	184	42,8	6,6
4	0,232	336	77,9	5,5
10	0.235	792	186,0	5,0

18,1 représente la chaleur moléculaire du sulfure carbone; la dernière colonne exprime donc la quan dont la présence d'un atome de soufre augmente la c leur spécifique de la dissolution.

D'après M. Person, la chaleur spécifique du sou fondu, entre 120 et 150 degrés, est 0,234, sa chal atomique est donc 7,5; mais ce nombre serait certai

Digitized by Google

ment moins élevé si on pouvait le déterminer à la température de 18 à 43 degrés.

Ainsi la chaleur atomique du soufre dissous dans le sulfure de carbone est seulement un peu inférieure à celle du soufre fondu et ne diminue que dans une faible proportion par une dilution considérable, en effet la dernière dissolution ne renferme que 4 pour 100 de soufre.

Phosphore; $Ph+nCS^2$.

n	c	p	C	C—18,1n
$\frac{1}{4}$	0,219	50	10,9	6,4
$\frac{1}{2}$	0,222	69	15,3	6,3
1	0,225	107	24,2	6,1
2	0,229	183	41,9	5,7
4	0,2295	335	76,9	4,5

D'après M. Person, la chaleur spécifique du phosphore fondu serait 0,2045, sa chaleur atomique par conséquent 6,3.

Le phosphore entre donc avec toute sa chaleur spécifique dans les dissolutions concentrées dans le sulfure de carbone. Cette chaleur diminue graduellement, mais très-faiblement dans des dissolutions de plus en plus étendues.

Brome.

J'ai d'abord déterminé, comme moyen de contrôle, la chaleur spécifique du brome liquide par comparaison avec le sulfure de carbone. J'ai dû opérer pour cela sur 90g,5 de brome.

J'ai trouvé pour sa chaleur spécifique 0,1125 entre 18° et 43°,6. Ce nombre s'accorde exactement avec les déterminations de M. Regnault qui a trouvé 0,11294 entre 13 et 58 degrés. La chaleur atomique est donc égale à 9.

Google

Pour le mélange Br+CS^2 (51 pour 100 de brom j'ai trouvé 0,174 pour la chaleur spécifique, par con quent 27,1 pour la chaleur moléculaire. C'est exacten la somme des chaleurs des deux liquides mélangés.

Iode : I+nCS^2.

n	c	p	C	C—18,1n
10	0,219	887	194	13
20	0,228	1647	376	14

D'après MM. Favre et Silbermann la chaleur spé que de l'iode fondu est 0,1082, sa chaleur atomique donc 13,7.

Ainsi l'iode se dissout dans le sulfure de carb sans subir de diminution sensible dans sa chaleur sp fique.

La dissolution à 10 molécules de sulfure, renfern 14,3 pour 100 d'iode est très-voisine de la saturatior n'ai pu opérer sur des liqueurs plus concentrées.

On voit que toutes ces dissolutions présentent un ractère très-différent de celui qu'on observe dans dissolutions aqueuses des acides et des sels. La dimi tion de chaleur spécifique résultant de la dissolution de la dilution, lorsqu'elle existe comme pour le s fre et le phosphore, est toujours contenue dans troites limites. Jamais surtout on ne voit la chaleur léculaire de ces dissolutions devenir inférieure à celle dissolvant seul.

Observations générales.

En présentant une indication préliminaire et très-s maire du grand travail auquel il s'est livré sur les c leurs spécifiques des dissolutions aqueuses, M. Thom

Digitized by Google

annonce qu'il peut en déduire cette conclusion générale, qu'une diminution de chaleur spécifique résulte toujours du mélange de l'eau avec une dissolution.

La généralité qu'il attribue à cette loi tient peut-être à ce que ses recherches n'ont porté que sur des combinaisons appartenant à une même classe (sels, acides et bases hydratées).

On sait, en effet, qu'un mélange d'eau et d'alcool a une chaleur spécifique supérieure à celle de ses éléments. Il résulte des faits rapportés dans ce Mémoire que les dissolutions de sucre ont une chaleur spécifique égale à celle de leurs éléments. On peut même remarquer que, parmi le petit nombre de corps pour lesquels M. Thomsen a déjà publié le résultat de ses expériences, il en est un qui se comporte comme le sucre, c'est l'ammoniaque; en effet, les différences indiquées par ce savant n'atteignent pas la limite des erreurs qu'il admet comme possibles.

Mais, cette réserve posée, il n'en est pas moins vrai que cette diminution de chaleur spécifique est un fait très-général, et qu'elle atteint souvent une proportion très-considérable. Ainsi, nous avons vu qu'une dissolution d'acide chlorhydrique renfermant 24,5 p. 100 de cet acide, soit une molécule pour 6,25 d'eau, a une chaleur spécifique inférieure d'environ 11 p. 100 à celle de l'eau seule qu'elle renferme.

Ce fait est très-remarquable. En effet, M. H. Kopp a montré, il y a quelques années [1], à la suite d'une récapitulation générale des recherches faites, soit par lui-même, soit par ses prédécesseurs, sur les chaleurs spécifiques des combinaisons, que, pour tous les composés définis, tant organiques qu'inorganiques, la chaleur spécifique

[1] *Annalen der Chemie und Pharmacie*, Supplementband III, p. 1.

Digitized by Google

moléculaire est à peu près égale à la somme des chaleurs spécifiques des éléments, les différences étant, ou de l'ordre des erreurs des déterminations, ou de celui des différences qui peuvent résulter d'un simple changement dans l'état physique d'un même corps. On sait d'ailleurs par les expériences de M. Regnault sur les alliages, c'est-à-dire sur les combinaisons qui, par leur composition indéfinie, semblent se rapprocher le plus des dissolutions, qu'ils sont soumis à la même loi approximative.

Il semble donc que l'on est en droit de considérer ce principe comme général. Comment se fait-il que les dissolutions y échappent complétement? Deux hypothèses différentes peuvent être faites à ce sujet.

On peut supposer que cette anomalie est due à une cause purement physique. Les lois résultant des observations de MM. Regnault et Kopp se rapportent à l'état solide des corps composés. Peut-être ne sont-elles vraies que pour cet état.

Mais s'il en était ainsi, toutes les dissolutions devraient se comporter de la même manière, et présenter une diminution analogue de chaleur spécifique à mesure que la dilution augmente. Or, nous venons de voir qu'il n'en est pas ainsi. On constate quelquefois une augmentation de chaleur spécifique; dans d'autres cas, elle se maintient sensiblement égale à celle des liquides mélangés. La nature chimique des corps exerce évidemment une grande influence sur ces phénomènes; il faut donc qu'ils aient une cause chimique.

On est conduit par là à cette seconde hypothèse. La chaleur spécifique d'une dissolution devrait toujours être égale à la somme des chaleurs spécifiques des corps mélangés, sauf les petites variations qui résultent d'une mo-

Digitized by Google

dification des propriétés physiques (cohésion, dilatabilité, etc.). Mais la plupart des dissolutions présentent une constitution chimique fort instable et qui varie, soit avec le degré de dilution, soit avec la température. Toute variation de température entraîne donc un changement de constitution chimique, un travail chimique qui est lui-même la source d'une absorption ou d'un dégagement de chaleur. Cette chaleur absorbée ou fournie par l'action chimique, augmente nécessairement ou diminue d'autant celle que l'on doit transmettre à la dissolution pour en faire varier la température, et par conséquent sa chaleur spécifique apparente. La différence entre la chaleur spécifique d'une dissolution et la somme de celle de ses éléments serait donc la preuve et, d'une manière approximative, la mesure du travail produit par la réaction chimique qu'a déterminée le changement de température du liquide.

On devrait conclure de là, par exemple, que, lorsqu'on chauffe un mélange d'eau et d'alcool, il se produit entre ces corps une réaction qui absorbe de la chaleur, tandis que les dissolutions de tous les composés du genre salin subissent, quand on élève leur température, une transformation chimique qui dégage de la chaleur. Certaines dissolutions, enfin, comme les dissolutions aqueuses d'ammoniaque et de sucre, et les dissolutions des corps simples dans le sulfure de carbone, ne présenteraient aucun changement dans leur constitution chimique à des températures différentes.

Ce serait trop s'aventurer dans le domaine de l'hypothèse que de vouloir préciser la nature des réactions chimiques que peut déterminer le changement de température d'une dissolution. Il se peut qu'elles ne portent que sur

Digitized by Google

l'état de combinaison plus ou moins intime du dissolvant et du corps dissous; mais il se pourrait aussi qu'elles fussent d'une nature plus profonde, et atteignissent dans certains cas la composition même du corps dissous; que, par exemple, un chlorure se transformât en un chlorhydrate d'oxyde. Mais il est certain que si l'on fait deux classes, dont la première renferme les corps dont la dissolution entraîne un changement considérable dans les chaleurs spécifiques, tandis que la seconde comprenne ceux qui n'en éprouvent pas, on remarque que ces derniers sont de telle nature qu'il est impossible de supposer qu'ils éprouvent aucune altération dans leur constitution chimique, et que rien ne semble indiquer qu'ils puissent former des combinaisons définies avec le dissolvant [1], tandis qu'on ne pourrait en dire autant des composés salins, acides ou basiques, qui appartiennent tous à la première classe.

Au reste, je n'ai pas la prétention d'être le seul, ou le premier qui ait eu recours à cette hypothèse. Je ne saurais dire où l'on en retrouverait la première origine. Mais je vois la même idée énoncée par M. Pfaundler dans une première note [1] sur les chaleurs spécifiques des trois premiers hydrates de l'acide sulfurique. Ayant constaté que l'addition d'une première molécule d'eau à l'acide monohydraté augmente la chaleur moléculaire d'une quantité égale à celle de l'eau ajoutée, tandis que l'addition d'une

[1] L'ammoniaque qui, d'après les expériences de M. Thomsen, appartient à cette seconde classe, semble, au premier abord, échapper à cette observation, car son rôle chimique rendrait probable sa combinaison avec l'eau, mais cependant les propriétés de sa dissolution, sa décomposition totale par l'évaporation spontanée ont toujours fait rejeter l'idée qu'elle pût être considérée comme une combinaison.

[1] *Journal für praktische Chemie*, tome CI, p. 507.

Digitized by Google

seconde molécule ne donne lieu qu'à une augmentation presque moitié moindre, il en conclut que l'action de la chaleur détermine probablement une modification chimique dans la dissolution à trois molécules d'eau, qui en change la chaleur spécifique apparente.

C'est en poursuivant la même hypothèse que ce savant a proposé, plus récemment [1], l'étude des chaleurs spécifiques des combinaisons et de leurs éléments comme moyen de déterminer le degré de dissociation qu'elles éprouvent par la chaleur. Il est vrai que je ne puis partager son opinion sur les résultats que l'on pourrait attendre de cette étude, car son calcul repose sur un principe dont rien ne démontre l'exactitude, savoir que la chaleur, dégagée par la combinaison totale de deux corps, resterait la même pour toute température.

Il faut bien reconnaître d'ailleurs que cette hypothèse d'un changement de constitution chimique des dissolutions suivant la température soulève une grande difficulté. Elle rend très-facilement compte de ce qui se passe pour un mélange d'eau et d'alcool; la combinaison de ces deux corps dégage de la chaleur, il semble très-naturel d'admettre que l'élévation de température du mélange détermine une dissociation qui devra nécessairement absorber de la chaleur et, par conséquent, augmenter la chaleur spécifique apparente. Il est difficile de comprendre, au contraire, que l'élévation de température d'un mélange d'eau et d'acide sulfurique détermine une action chimique qui dégage de la chaleur, c'est-à-dire une combinaison plus intime.

Je ne pense pas, cependant, que cette difficulté doive faire rejeter d'avance cette hypothèse comme sans fonde-

[1] *Zeitschrift für Chemie*, Iahrg. XIII, p. 66.

Digitized by Google

ment, et il m'a paru utile d'énoncer ou de rappeler ces idées théoriques à un moment où plusieurs savants dirigent leurs recherches sur ces questions.

J'ajouterai encore une considération qui me semble bien démontrer l'existence de ce travail chimique intérieur, déterminé par le changement de température de certaines dissolutions.

Comparons l'eau et une dissolution saline, celle du chlorure de sodium, par exemple. Celle-ci est moins compressible que l'eau; il faut donc consommer plus de travail pour produire un même changement de volume sans variation de température. Mais, d'un autre côté, cette dissolution présente un coefficient de dilatation bien supérieur à celui de l'eau et une chaleur spécifique moindre. Il faut donc, pour ces deux raisons, une bien moindre quantité de chaleur pour produire le même changement de volume, lorsqu'il y a en même temps élévation de température. Ces deux faits, en apparence contradictoires, ne peuvent s'expliquer qu'en admettant qu'un travail chimique intérieur, déterminé par l'élévation de température, a fourni lui-même une partie de la chaleur nécessitée par la dilatation.

Dans un prochain article, j'exposerai les résultats de l'étude que j'ai faite des densités et des dilatations des dissolutions aqueuses, dont la chaleur spécifique a été déterminée dans ce Mémoire.

Digitized by Google

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

Notice sur des observations thermométriques récentes faites dans quelques stations de Syrie et de Palestine.

Il s'est organisé à Londres, en juin 1865, une Société pour l'exploration de la Palestine, patronée par la Reine, et à la tête de laquelle se trouvent des membres du haut clergé anglican, de la noblesse et du Parlement. Des hommes de science, des ecclésiastiques, des laïques anglais et quelques notabilités israélites en font aussi partie. Cette Société, présidée par l'archevêque d'York, a pour objet l'étude approfondie de la Palestine, sous le rapport de l'archéologie, de la topographie, de la géologie, de la géographie physique et de l'histoire naturelle, ainsi que de l'histoire, des mœurs et coutumes de ses habitants, dans le but principal de concourir aux travaux et documents relatifs à la Bible. Elle a obtenu, par voie de souscriptions, des sommes considérables, en étendant son action sur la Grande-Bretagne, soit par le moyen d'associations auxiliaires instituées dans un grand nombre de localités, soit par des séances publiques qui y sont tenues pour exposer l'objet et les travaux de la Société. Cela lui a permis d'envoyer, à ses frais, dans la Terre-Sainte, des ingénieurs anglais, distingués par leurs connaissances et zélés pour cette œuvre, qui ont effectué ou dirigé les recherches diverses tendant au but de la Société.

La première expédition de ce genre a eu lieu vers la fin de 1865; elle a duré six mois, sous la direction du capitaine Wilson et du lieutenant Anderson. Le lieutenant Warren, actuellement capitaine, a ensuite poursuivi activement l'œu-

Digitized by Google

vre de la Société depuis la fin de 1866. Il a fait faire des fouilles fort étendues sous les immenses masses de débris existant actuellement à Jérusalem ; il a fait de nombreuses excursions dans le pays, où ont été effectués aussi des travaux topographiques, et a encouragé l'exécution d'un grand nombre de vues photographiques de ces contrées, faites aux frais de la Société, et qui se vendent à son profit à Londres, à son bureau, 9, *Pall Mall East*. Il y avait déjà 349 de ces vues en vente dans les premiers mois de 1869.

On a commencé, à la même époque, la publication trimestrielle en anglais de *Statements*, soit documents, par cahiers in-8° d'une soixantaine de pages chacun, et dont il y a déjà six numéros, renfermant les détails des opérations de la Société, de ses assemblées et rapports annuels, des lettres de M. Warren, et un grand nombre de notices diverses, intéressantes, concernant la Palestine et la Syrie, accompagnées quelquefois de plans et de figures. Je citerai en passant, en fait de notices scientifiques :

Statement n° 3, p. 74, une Table des longitudes et latitudes des lieux situés entre Jérusalem et Banéas, y compris les monts Gerizim, Ebal et Thabor, et les villes de Jérusalem, de Nazareth et de Tibériade. Cette Table résulte des observations faites, en 1866, par le capitaine Wilson et le lieutenant Anderson. La position qui y est donnée de la croix de la cathédrale de Jérusalem (bâtiments russes) est de 31° 47′ en latitude nord, et de 35° 14′ en longitude à l'est de Greenwich.

N° 4, p. 141, un article sur les Coléoptères de la Palestine.

N° 6, p. 307 (cahier de mars à juin 1870), une Table des hauteurs au-dessus du niveau moyen de la mer Méditerranée de 150 localités situées à l'est du Jourdain, résultant d'un nivellement barométrique, effectué en 1867 par le capitaine Wilson, du pays compris entre la mer Méditerranée et la mer Morte. Il s'y trouve plusieurs sommités élevées de plus de 3000 pieds anglais au-dessus du niveau de la mer Médi-

Digitized by Google

terranée, tandis que celui de la mer Morte est à 1292 pieds au-dessous de ce même niveau.

Les Notices sur lesquelles je me propose d'entrer ici dans quelques détails se rapportent à la météorologie, et se trouvent dans les *Statements* n°s 3, 4 et 5. Elles sont publiées par M. James Glaisher, savant anglais attaché spécialement, depuis bien des années, sous la direction de M. Airy, au département météorologique et magnétique de l'Observatoire de Greenwich, et très-connu, entre autres, par ses nombreuses ascensions aérostatiques scientifiques.

La principale de ces notices (n° 4, p. 126) comprend les résultats de dix années d'observations météorologiques, faites à Beyrout de 1845 à 1854 par M. Henri Heald, et communiquées à M. Glaisher par M. Jackson Eldridge, consul général d'Angleterre en Syrie.

Beyrout est une ville de Syrie, située au pied du Mont-Liban, à environ un quart de mille de la mer Méditerranée, à 33° 54′ de latitude boréale, et à 35° 29′ de longitude à l'est de Greenwich. Les observations thermométriques dont il s'agit ont été faites avec soin, à 8 ½ h. du matin et 6 h. du soir, à une hauteur d'environ 160 pieds au-dessus du niveau de la mer. M. Glaisher en a pris les moyennes mensuelles et annuelles, ainsi que celles des *maxima* et *minima* de température, observés aux mêmes heures chaque mois. Sa Notice renferme un tableau des moyennes de ces trois résultats, pour chaque mois et chaque année, en degrés de l'échelle de Fahrenheit. Un autre tableau contient les amplitudes mensuelles de température, ou les différences moyennes entre les valeurs extrêmes observées chaque mois. Je me bornerai à rapporter ici les moyennes générales de ces deux tableaux, réduites en degrés centigrades, en y joignant aussi les nombres moyens de jours de pluie mensuels et annuel.

Digitized by Google

Résultats de dix années d'observations à Beyroût.

	Températures en degrés Centigrades		
	Moyennes mensuelles	Amplitudes moyennes mensuelles	Jours de pluie
Janvier.....	14°,1	7°,2	11
Février.....	14,8	8,6	11
Mars.....	17,4	12,1	9
Avril.....	19,6	10,2	5
Mai.....	22,9	8,6	2
Juin.....	25,6	5,2	1
Juillet.....	28,3	3,7	0
Août.....	28,5	3,1	1
Septembre..	27,6	4,6	1
Octobre.....	25,4	6,7	3
Novembre...	19,8	8,4	7
Décembre...	16,4	7,5	12
Année.....	21°,7	7°,1	63

La température du mois le plus froid, pendant ces dix ans, a été de 12 degrés centigrades en février 1849, et celle du mois le plus chaud de 28°,9 en août 1853.— La moyenne de l'hiver est de 15°,1; celle de l'été est de 27°,5. L'amplitude thermométrique est très-petite en juillet et août.

Les *Statements* n°s 3 et 5 contiennent aussi des notices de M. Glaisher, sur dix mois d'observations météorologiques, faites à Beyrout par M. Eldridge, à 9 h. du matin et à 10 h. du soir, de novembre 1868 à janvier 1870, avec lacunes en mars et d'août à novembre 1869. L'observateur possédait alors, outre le thermomètre ordinaire et celui à boule mouillée, des thermomètres à *minimum* et à *maximum*, dont la moyenne diurne s'accordait, à très-peu de chose près, avec celle des observations de 9 h. du matin et de 10 h. du soir faites avec le thermomètre ordinaire. La plus basse température indiquée par les thermomètres à index a été celle de 11°,1 en décembre 1868, et la plus élevée de 35° en juillet

Digitized by Google

1869. Le point où se dépose la rosée est au-dessous de la température de l'air ambiant d'environ 2°,8 en hiver et de 5°,5 en été. La force élastique de la vapeur est en janvier environ la moitié de ce qu'elle est en juin et juillet.

M. Eldridge a fait, aux mêmes heures, des observations barométriques. Il était pourvu aussi d'un pluviomètre, et voici les quantités de pluie qu'il a recueillies et le nombre des jours pluvieux pendant quelques mois.

		Pluie en pouces anglais	Nombre des jours de pluie
1868	Novembre...	9p,22	15
»	Décembre...	12 ,48	22
1869	Janvier.....	9 ,21	19
»	Février.....	5 ,19	14
»	Avril.....	1 ,31	8
»	Mai.....	0 ,29	3
»	Décembre...	2 ,21	9
1870	Janvier.....	4 ,77	11

Il n'y a point eu de pluie en juin et juillet; mais dans les quatre mois de novembre 1868 à février 1869, il est tombé à Beyrout, d'après le tableau précédent, 36 pouces d'eau en 70 jours. Il en tombe quelquefois de 1 à 2 $^3/_4$ pouces par jour, et il en est tombé 7 pouces du 1er au 3 novembre 1868.

Quant aux vents qui règnent à Beyrout, les observations qui en ont été faites prouvent que ce sont ceux du sud et de l'ouest qui y dominent; ceux du nord y sont peu fréquents, sauf en juillet et août, où règne souvent le nord-ouest. Ceux d'est et de sud-est sont les plus rares. Le vent sec et chaud du Scirocco y règne quelques jours de suite, en toute saison, mais surtout au printemps. Il y a eu des nuées de sauterelles à Beyrout le 13 avril 1845, de la grêle le 29 novembre 1868 et le 10 décembre 1869. Les orages n'y sont pas rares en hiver et au printemps.

Je citerai encore ici quelques résultats, déduits plus en dé-

Digitized by Google

tail par M. Glaisher, d'observations thermométriques faites passagèrement en d'autres stations de la même contrée.

Quatre mois d'observations, faites de mars à juin 1868, au Collége juif de *Ghazir* sur le Mont-Liban, à environ 1300 pieds au-dessus du niveau de la mer, ont donné 8° centigrades en mars pour *minimum* de température, et 34° en juin pour *maximum*.

A *Olieh*, dans une autre station du Liban, la température moyenne des quatre mois, de juillet à octobre 1868, résultant de quatre observations faites de jour, a été de 23°,1; celle d'août s'étant élevée en moyenne à 25°,4, et celle de septembre à 21°,4. L'air paraît y être beaucoup plus sec qu'à Beyrout.

Onze mois d'observations, faites à 9 h. du matin, à *Jaffa* en Syrie, à la latitude de 32°, par M. Kayat, vice-consul anglais, de septembre 1868 à septembre 1869, donnent 20°,3 pour la température moyenne approximative de ce port sur la Méditerranée. Les mois de novembre et décembre 1868 et une moitié de juillet 1869 y manquent. La plus grande hauteur du thermomètre y a été de 34°,8 en octobre, et la plus basse de 4°,4 en janvier et février 1869.

Six mois d'observations à *Gaza* en Syrie, faites à 9 h. du matin, d'avril à septembre 1869, donnent pour moyenne température dans cet intervalle de temps environ 24°, le *maximum* y ayant été en mai, à cette heure-là, de 38°,6, et le *minimum* en avril de 9°,2.

Enfin, cinq mois d'observations à *Nazareth* en Galilée, à la latitude de 32°43′ et à la longitude de 35°18′ à l'est de Greenwich, faites à 9 h. du matin par le Dr Varton, de mai à septembre 1869, donnent 24°,3 pour la température moyenne de cette localité à cette époque, avec des valeurs extrêmes de 8°,5 en mai et de 42°,2 en juin.

Je n'ai pas trouvé d'observations, en ces cinq dernières stations, consignées ni dans la grande Table de températures publiée par M. Dove dans les *Mémoires de l'Académie de Ber-*

Digitized by Google

lin pour 1846, ni ailleurs; mais la Table de M. Dove contient le résultat d'observations faites à Beyrout par M. de Forest, missionnaire américain, en divers mois des années 1842 à 1845, au lever du soleil, à 2 h. de l'après-midi et de 8 à 9 h. du soir. Les valeurs moyennes que M. Dove en a déduites, réduites en degrés centigrades, sont les suivantes :

Année 20°,8; hiver 13°,5; été 26°,6.

Elles indiquent, comme on le voit, une température un peu inférieure à celle résultant de dix années, dont j'ai rapporté plus haut les résultats d'après M. Glaisher.

J'insérerai encore ici, comme points de comparaison, les températures moyennes de quelques autres stations de la région méditerranéenne ou de ses environs, tirées de la Table de M. Dove et réduites en degrés centigrades.

	Année	Hiver	Été	Latitude
Bagdad.....	23°,2	9°,8	34°	33°.21′
Le Caire	22 ,3	14 ,7	29 ,5	30 .2
Tunis.	20 ,4	13 ,2	28 ,3	36 .48
Catane.....	19 ,6	12 ,6	26 ,9	37 .30
Alger	17 ,9	12 ,4	23 ,6	36 .47
Constantine....	17 ,2	10 ,2	26 ,6	36 .20
Barcelone.....	17 ,2	10 ,1	25 ,0	41 .23
Jérusalem	17 ,0	9 ,8	23 ,3	31 .47

La hauteur de Jérusalem au-dessus du niveau de la mer est évaluée à 2500 pieds dans la Table de M. Dove.

A. G.

M. Woolcott Gibbs, professeur à l'Université de Harvard. Sur les liquides doués d'un haut pouvoir dispersif. (*Silliman's American Journal*, juillet 1870.)

Parmi les liquides dont on s'est servi jusqu'à ce jour pour la construction des prismes, le bisulfure de carbone est incontestablement celui qui tient la première place. Aussi, par

Digitized by Google

une convention tacite, un prisme de 60° rempli de ce liquide, a-t-il été adopté comme une sorte d'étalon. Cependant le bisulfure présente aussi certains inconvénients bien connus, et l'auteur, à la suite d'essais nombreux avec diverses autres substances, croit pouvoir le remplacer avec avantage par une dissolution de phosphore et de soufre dans ce même liquide.

Une solution de phosphore dans le bisulfure de carbone est douée, d'après MM. Dale et Gladstone, d'un pouvoir dispersif supérieur de près d'une fois et demie à celui du bisulfure seul; mais ce liquide a l'inconvénient de devenir trouble lorsqu'on l'expose aux rayons solaires, par suite de la formation de phosphore amorphe. M. Gibbs a réussi à empêcher la formation de ce phosphore en ajoutant du soufre à la solution de phosphore dans le bisulfure de carbone. Le nouveau liquide ainsi observé est d'un jaune pâle, et reste parfaitement transparent sous l'action, même prolongée, des rayons solaires. L'auteur le prépare en dissolvant une partie de fleur de soufre bien desséchée avec deux parties de phosphore dans cinq ou six parties de bisulfure de carbone, et en filtrant ensuite le liquide à travers un filtre en papier parfaitement sec. Le pouvoir refringent et dispersif de la solution doit naturellement varier avec la quantité de phosphore et de soufre dissous. La totalité ou presque totalité du bisulfure de carbone peut être expulsée par une chaleur douce, laissant un composé liquide de soufre et de phosphore doué d'un pouvoir refringent tel, qu'on ne saurait l'employer avec des prismes ayant un angle refringent de plus de 45° à 50°. On peut obtenir un résultat analogue en ajoutant continuellement du phosphore à une solution saturée de soufre dans le bisulfure de carbone, liquide dans lequel le phosphore paraît être presque indéfiniment soluble. Avec une solution très-concentrée et probablement saturée de soufre dans CS_2, l'angle entre Li et D était de 0°,50′,10″. En ajoutant du phosphore, cet angle est devenu 2°,25′,30″, l'angle de réfraction

Digitized by Google

du prisme étant de 60°. Dans ce cas, l'angle Na et Na_2 était de 0°,2′,20″. Le spectre était parfaitement distinct, la netteté des bandes obscures ne laissant rien à désirer. On a cependant constamment remarqué une absorption notable à l'extrémité violette du spectre, due à la couleur jaune du liquide employé.

L'auteur s'est servi dans ses expériences de prismes de verre creux, avec des disques refringents cimentés au moyen de colle forte et de mélasse. Au bout de plusieurs mois, ces prismes n'avaient éprouvé aucune détérioration. Il est à remarquer, cependant, que la solution de soufre et de phosphore s'enflamme spontanément par le contact d'une matière poreuse, telle que le bois ou le papier; c'est là son inconvénient principal. D'autre part, la présence d'une grande quantité de soufre tend à empêcher le développement de la combustion; une seule goutte, placée sur une pièce de bois, n'a fourni, après la combustion, qu'une tache noire charbonnée. Lorsqu'on ne se sert pas des prismes, l'auteur recommande de les tenir dans un vase de fer muni d'un couvercle fermant aussi hermétiquement que faire se peut. Il a pu ainsi conserver deux prismes en parfait état pendant un été exceptionnellement chaud. Il convient seulement de les bien secouer avant de s'en servir de nouveau. La nature visqueuse de la solution prévient, en grande partie, la formation de courants ascendants et descendants, qui sans cela auraient lieu à chaque variation de température. Dans le spectroscope dont se sert habituellement M. Gibbs, les prismes reposent sur une plaque de verre, au lieu d'une plaque de métal.

A. Kundt. Ueber das absorptionsspectrum, etc. Sur le spectre d'absorption de l'acide hypoazotique liquide. (*Pogg. Ann.*, tome CXLI, p. 157.)

Ayant comparé les deux spectres d'absorption différents

Digitized by Google

de premier et de second ordre que donne l'acide hypoazotique, suivant qu'il est à l'état liquide ou à l'état gazeux, M. Kundt a reconnu que les bandes obscures du premier correspondent généralement aux groupes de raies les plus marquants dans le second. L'expérience se fait simplement en mettant un tube éprouvette contenant de l'acide hypoazotique liquide devant la fente du spectroscope que l'on a eu soin d'agrandir en enlevant le prisme de comparaison. Le niveau de l'acide dans le tube est réglé de façon à ce que la ligne de séparation des deux spectres tombe sur le milieu du champ de l'instrument. L'on peut, de la sorte, comparer le plus facilement du monde le spectre d'absorption produit par le liquide à celui que donnent les vapeurs qui s'en échappent, car ce dernier se trouve exactement superposé au premier.

M. Kundt ne se borne pas à constater cette coïncidence des bandes du spectre de premier ordre de l'acide hypoazotique avec les principaux groupes de raies du spectre de second ordre fourni par ses vapeurs ; mais il met ce fait en parallèle des observations récentes à l'aide desquelles il a été établi que le spectre d'un gaz varie avec sa force élastique, et, en particulier, que les raies brillantes propres aux basses pressions, disparaissent peu à peu à mesure que l'on augmente la pression pour faire place à des champs lumineux plus ou moins étendus. Ce qui, dans les expériences faites sur les gaz traversés par la décharge électrique, se produit sous l'influence d'une variation de pression, serait ici le résultat d'un changement d'état.

Il serait intéressant d'étendre cette observation à un plus grand nombre de cas, et de s'assurer s'il y a réellement ici, comme dans les expériences de M. Wüllner, un passage graduel du spectre de second ordre au spectre de premier ordre. E. S.

Digitized by Google

E. Reitlinger et M. Kuhn. Ueber spectra negativer Elektroden, etc. Sur les spectres fournis par les gaz a l'électrode négative et dans des tubes de Geissler modifiés par un long usage. (*Pogg. Annalen*, tome CXLI, p. 131.)

C'est M. Dove[1] qui a le premier constaté que le spectre d'un seul et même gaz traversé par la décharge électrique est absolument différent suivant que l'on analyse la lumière provenant de l'auréole négative ou celle qui émane de la portion positive du jet. Peu après, van der Willigen reprit la question et décrivit le spectre que donne l'auréole négative dans l'air raréfié[2], lequel est caractérisé essentiellement par trois maxima d'intensité lumineuse.

Le but du présent travail était d'étendre ces recherches à un certain nombre d'autres gaz, de comparer ces différents *spectres négatifs* (spectres de ces gaz à l'électrode négative) entre eux d'abord, puis avec ceux que donnent divers gaz ou vapeurs dans des tubes capillaires, enfin avec ceux que l'on observe dans des tubes de Plücker[3] modifiés par un long usage.

S'étant procuré trois tubes qui renfermaient l'un de l'azote, l'autre de l'hydrogène et un troisième de l'oxygène, raréfiés, les auteurs obtinrent avec le premier un spectre négatif identique à celui que van der Willigen avait observé en opérant sur l'air; avec le second un spectre présentant un seul maximum dans le vert-jaune; avec le troisième un spectre caractérisé par six maxima, dans le rouge, le vert-jaune, le vert, le vert-bleu, le bleu et le violet.

[1] *Poggend. Annalen*, 1858, tome CIV, p. 184. — *Archives*, 1858, tome III, p. 191.

[2] *Pogg. Annalen*, 1859, tome CVI, p. 626.

[3] Nous adoptons ici cette dénomination que M. Bertin, dans les *Annales de Chimie*, a proposé d'adopter pour les tubes de Geissler à étranglement capillaire destinés à l'analyse spectrale des gaz.

Digitized by Google

Après avoir relevé exactement et dessiné ces trois nouveaux spectres, MM. Reitlinger et Kuhn entreprirent de les comparer avec les spectres fournis par les parties capillaires de ces trois mêmes tubes et avec celui du mercure [1]. Voici ce qu'ils constatèrent : en premier lieu, au sujet du spectre négatif de l'azote, il se trouva que le maximum d'éclat situé dans le vert-jaune, coïncidait avec la raie la plus brillante du spectre fourni par la partie capillaire du tube à oxygène ; tandis que le troisième maximum coïncidait avec une bande du spectre de l'azote. Quant au spectre négatif de l'hydrogène, le maximum unique qu'il présente ne trouva son correspondant dans aucun des autres spectres considérés ici. Enfin, pour ce qui est des maxima du spectre négatif de l'oxygène, le second (vert-jaune) occupait la place d'une raie du spectre normal de l'oxygène, le quatrième (vert-bleu) celle d'une raie de l'azote, et le dernier (violet) se trouva coïncider avec la raie violette du mercure. Cette raie du reste se voyait aussi, faiblement, dans le spectre négatif de l'azote. En dehors de cette ligne du mercure les trois spectres négatifs étudiés n'avaient pas de partie commune.

Les recherches des deux physiciens allemands ne se sont pas bornées aux spectres fournis par l'auréole négative de la décharge électrique dans ces trois gaz ; ils ont étudié également les modifications que subit le spectre d'un gaz enfermé dans un tube de Plücker lorsqu'il a été exposé très-longtemps au passage de la décharge. On se souvient de la curieuse observation que fit récemment M. Wüllner sur un tube à hydrogène [2], lequel, après lui avoir longtemps donné le spectre normal (de second ordre) de ce gaz, se transforma

[1] Les tubes dont il s'agit ici, comme les tubes de Geissler en général, avaient dû être préparés à l'aide de la pompe à mercure, et il s'agissait de voir si une portion de l'un ou de l'autre de ces spectres ne provenaient pas des vapeurs mercurielles demeurées mélangées au gaz après cette opération.

[2] Voyez *Archives*, 1869, tome XXXV, p. 192.

Digitized by Google

tout d'un coup au point de donner un spectre continu semblable à celui qu'il observa plus tard en soumettant l'hydrogène à des pressions plus élevées. MM. Reitlinger et Kuhn ont obtenu également ce spectre dans un tube à hydrogène qui avait été traversé pendant un temps très-long par l'étincelle électrique ; de plus ils ont constaté qu'il différait absolument de celui de l'azote et reconnu que M. Wüllner avait bien raison contre M. Dubrunfaut, en maintenant que c'était là réellement un spectre nouveau appartenant à l'hydrogène [2].

Mais en outre, ils ont constaté un fait du même genre avec un tube d'azote. Ayant en effet prolongé pendant un temps suffisamment long le passage de l'étincelle dans ce tube, ils virent également s'accomplir dans l'apparence du jet qui le traversait une série de modifications dans le détail desquelles nous ne pouvons pas entrer ici, mais qui consistèrent en particulier en ce que dans la portion capillaire de rouge qu'il était le jet devint graduellement gris de lavende. A partir de ce moment-là le tube donna le même spectre dans toutes ses parties, et celui-ci se trouva être identique à très-peu près au spectre décrit par van der Willigen : le tube tout entier était arrivé à donner le spectre négatif de l'azote.

Le même fait se présenta pour l'hydrogène, c'est-à-dire que le spectre fourni par le tube à hydrogène modifié se trouva coïncider presque exactement avec le spectre négatif de ce gaz, il n'en différait du moins que par l'éclat relatif de certaines de ses parties.

Enfin, à côté de ces différentes observations, les auteurs viennent en terminant en ajouter une dernière concernant un tube préparé par eux-mêmes et renfermant de l'air non purifié. Ce tube donna dans sa partie capillaire les trois spectres de l'azote, de l'hydrogène et l'oxygène superposés, et à

[1] Voyez à ce sujet *Archives*, 1870, tome XXXVII, p. 262.

Digitized by Google

l'auréole négative un spectre à trois maxima d'intensité lumineuse lesquels, à première vue, semblaient constituer le spectre négatif de l'azote, mais qui en y regardant de plus près se trouvèrent être les trois raies $H\alpha$, $H\beta$ et $H\gamma$, de l'hydrogène affaiblies et étalées.

De tous ces faits, MM. Reitlinger et Kuhn croient pouvoir conclure que les anomalies que l'on observe dans les spectres des gaz en analysant la lumière qui émane soit de l'électrode négative, soit d'un tube modifié par un long usage, proviennent de la présence de corps étrangers et de leur inégale répartition dans l'intérieur du tube sous l'influence du courant. Pour ce qui est des tubes modifiés, les changements qu'ils subissent pourraient être amenés par diverses causes ; les impuretés pourraient provenir, en partie du moins, du verre, tandis que le gaz principal serait absorbé par les électrodes.

Cette manière de voir demande encore à être vérifiée et les auteurs annoncent qu'ils se chargeront de démêler eux-mêmes, dans les spectres modifiés, les éléments qui pourraient provenir de corps étrangers. En tous cas, ils n'entendent nullement contester l'existence des spectres multiples des corps, la quelle paraît maintenant bien démontrée, mais ils cherchent à établir qu'un certain nombre de ces modifications, qui n'ont encore été étudiées, jusqu'ici, que d'une manière superficielle, ne méritent pas d'être considérées comme des spectres distincts et ne sont que des altérations de l'une ou de l'autre des formes différentes que peut revêtir le spectre d'un corps. E. S.

J. Parnell. Sur une nouvelle substance fluorescente. (*Phil. Magaz.*, août 1869, p. 137 ; *Pogg. Ann.*, tome CXXXIX, p. 350.)

La nouvelle substance fluorescente découverte par M. Parnell, et qui a été appelée par lui *fluoraniline*, s'obtient

Digitized by Google

comme produit secondaire dans la préparation du rouge d'aniline avec de l'aniline et du chlorure de mercure. En broyant la masse qui résulte de cette réaction, l'additionnant d'un peu d'eau, et lavant avec de l'éther, l'on a une dissolution de fluoraniline, qui présente au plus haut degré le phénomène de la fluorescence. La masse ayant une consistance pâteuse, le lavage à l'éther ne se fait qu'imparfaitement, aussi vaut-il mieux commencer par la dissoudre dans de l'acide chlorhydrique étendu, ajouter ensuite de l'ammoniaque en excès, et ne laver avec de l'éther qu'après cette double opération. Cette dissolution de fluoraniline dans l'éther devra être lavée avec de l'eau, jusqu'à ce qu'elle ne communique plus à celle-ci la moindre coloration rouge. Le liquide ainsi préparé, a alors une couleur vert-jaune et produit une fluorescence verte intense, tout à fait semblable à celle du vert d'urane. Évaporé à siccité, il donne comme résidu deux substances amorphes différentes, l'une rouge, l'autre orangée. C'est à cette dernière, paraît-il, que doit être attribuée la fluorescence de la dissolution.

La fluoraniline est presque insoluble dans l'eau froide, et peu soluble dans l'eau chaude. Elle est soluble dans les acides chlorhydrique, azotique, sulfurique et acétique étendus; combinée avec eux, elle forme des liquides également fluorescents. La dissolution alcoolique est plus foncée, mais moins fluorescente.

L'auteur a découvert plus tard, dans le rouge d'aniline préparé avec le chlorure de zinc, une autre substance tout à fait voisine de la fluoraniline, et présentant une fluorescence bleue. E. S.

Digitized by Google

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'OCTOBRE 1870.

Le 3, un peu de brouillard le matin, puis clair.
4, un peu de brouillard le matin, puis clair; forte rosée le matin.
5, un peu de brouillard le matin, puis clair; forte rosée le soir.
6, id. id. id. id.
7, forte rosée le matin, faible halo lunaire dans la soirée.
9, éclairs et tonnerres de 11 h. 40 m. à midi 15 m.; direction de l'orage de l'Ouest à l'Est. L'orage a été précédé d'un coup de vent du SO. extrêmement violent; à plusieurs autres reprises dans la journée, le vent du SO. a été très-violent.
10, la neige a pris pied sur les sommités du Jura, et elle ne disparaît que dans la journée du 13.
12, gelée blanche le matin, la première de la saison; le minimum s'est également abaissé au-dessous de 0°, pour la première fois.
16, brouillard le matin, puis clair. Neige fraîche sur le sommet du Môle.
19, forte rosée le matin.
21, neige sur les montagnes des environs, jusqu'à la hauteur du Grand-Salève.
22, faible gelée blanche le matin.
23, halo solaire à plusieurs reprises dans la journée; la neige a disparu du sommet du Salève et des Voirons.
24, une aurore boréale a été aperçue pendant quelques minutes seulement, de 8 h. 25 m. à 8 h. 35 m., à travers une déchirure entre les nuages. Avant et après, le ciel était entièrement couvert.
26, éclairs au SO. depuis 7 h. du soir.

Digitized by Google

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

		mm
Le	4 à 8 h. matin	738,08
	12 à 10 h. matin	728,45
	14 à 10 h. matin	728,37
	16 à 8 h. matin	725,47
	18 à 8 h. matin	730,62
	22 à 8 h. matin	730,67
	25 à 10 h. soir	723,90
	27 à 10 h. matin	728,80
	29 à 4 h. après m.	731,68

MINIMUM.

		mm
Le	9 à 11 h. matin	710,01
	13 à 6 h. soir	725,11
	15 à 8 h. soir	723,16
	17 à 6 h. matin	722,18
	21 à 2 h. après m.	724,46
	23 à 8 h. soir	712,36
	26 à 5 h. soir	717,69
	28 à midi 1/4	721,10
	31 à 10 1/2 h. soir	721,79

Digitized by Google

Jours du mois.	Baromètre.		Température C.				Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône		Limnimètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d'h.			Midi.	Écart avec la temp. normale	
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm.
1	737,38	+10,66	+10,86	—1,43	+ 6,2	+15,5	7,42	—1,33	772	— 42	640	900	...	...	NNE. 1	0,43	15,6	— 0,2	139
2	737,01	+10,32	+10,49	—1,64	+ 5,0	+15,6	7,67	—1,01	809	— 7	650	920	...	...	N. 1	0,34	—	—	136
3	736,68	+10,02	+ 9,97	—2,00	+ 3,0	+15,2	7,88	—0,73	847	+ 30	680	1000	...	...	variable	0,15	15,6	+ 0,1	134
4	737,09	+10,46	+ 9,70	—2,11	+ 3,9	+15,3	8,10	—0,44	886	+ 67	740	960	...	...	N. 1	0,24	15,4	0,0	133
5	735,08	+ 8,48	+ 9,27	—2,38	+ 4,2	+14,9	8,31	—0,16	937	+117	720	1000	...	...	N. 1	0,41	15,1	— 0,2	132
6	730,65	+ 4,08	+ 9,63	—1,86	+ 3,2	+16,4	8,30	—0,10	906	+ 84	680	1000	...	...	variable	0,20	15,0	— 0,2	131
7	726,31	— 0,23	+12,72	+1,40	+ 3,7	+21,2	6,75	—1,58	637	—187	330	960	...	...	SSO. 1	0,21	15,3	+ 0,2	126
8	719,97	— 6,54	+14,76	+3,60	+ 7,9	+19,9	7,29	—0,97	594	—231	370	810	3,7	3	SSO. 2	0,83	14,9	+ 0,1	123
9	712,69	—13,80	+12,25	+1,26	+10,4	+17,7	8,53	+0,34	822	— 5	500	1000	62,6	13	SSO. 2	0,90	—	—	120
10	713,94	—12,53	+11,91	+1,08	+ 8,0	+16,3	7,77	—0,35	768	— 60	630	910	6,8	7	SO. 2	0,92	8,0	— 6,7	120
11	724,13	— 2,32	+ 6,54	—4,12	+ 4 0	+10,5	4,71	—3,34	681	—148	480	900	...	...	N. 1	0,19	8,0	— 6,6	120
12	727,18	+ 0,75	+ 7,12	—3,37	- 0,2	+12,9	6,65	—1,33	850	+ 20	610	990	3,3	4	variable	0,77	10,5	— 4,0	120
13	725,82	— 0,59	+14,78	+4,46	+12,4	+17,4	8,30	+0,39	677	—154	510	760	3,5	4	SSO. 2	0,88	11,7	— 2,7	120
14	728,01	+ 1,62	+12,48	+2,33	+ 9,9	+17,2	7,00	—0,83	675	—157	430	800	...	...	SO. 1	0,52	11,6	— 2,7	122
15	724,69	— 1,68	+ 7,34	—2,64	+ 5,0	+10,6	7,39	—0,36	965	+ 132	860	1000	16,4	10	variable	0,99	9,8	— 4,3	122
16	724,72	— 1,64	+ 9,09	—0,72	+ 5,6	+16,1	6,35	—1,32	771	— 63	440	1000	...	...	variable	0,58	—	—	123
17	723,43	— 2,93	+ 7,97	—1,67	+ 4,2	+11,5	7,04	—0,55	885	+ 50	680	980	11,6	10	SSO. 1	0,97	11,8	— 2,1	126
18	729,63	+ 2,27	+ 7,89	—1,58	+ 4,4	+12,8	6,02	—1,49	785	— 51	430	990	...	...	SSO. 1	0,08	12,7	— 1,0	126
19	727,82	+ 1,47	+11,51	+2,21	+ 2,3	+17,5	6,56	—0,87	651	—185	400	920	...	...	SO. 1	0,59	12,5	— 1,1	125
20	725,38	— 0,97	+ 9,75	+0,62	+ 6,7	+14,5	6,79	—0,56	789	— 48	600	870	10,4	9	SSO. 1	0,84	11,8	— 1,7	125
21	724,96	— 1,39	+ 6,03	—2,93	+ 5,1	+ 8,1	5,68	—1,59	837	0	710	920	8,6	9	SO. 2	1,00	10,9	— 1,5	125
22	729,39	+ 3,04	+ 6,41	—2,38	+ 1,8	+13,9	5,61	—1,58	801	— 37	540	980	...	...	N. 1	0,26	9,5	— 3,7	122
23	718,36	— 7,98	+10,59	+1,98	+ 1,8	+16,6	5,52	—1,59	598	—240	340	880	4,8	4	SSO. 2	0,78	—	—	120
24	715,20	—11,14	+ 8,15	—0,29	+ 6,5	+12,0	5,72	—1,31	731	—108	580	900	8,5	6	SSO. 2	0,97	8,9	— 4,1	118
25	722,75	— 3,59	+ 9,41	+1,14	+ 5,9	+14,0	7,73	+0,78	863	+ 24	720	990	10,5	11	SO. 2	1,00	7,7	— 5,1	120
26	720,26	— 6,08	+14,36	+6,26	+ 9,1	+18,3	8,01	+1,14	674	—166	530	810	4,6	3	SSO. 2	0,82	8,3	— 4,4	120
27	727,23	+ 0,89	+ 7,53	—0,39	+ 6,1	+ 9,8	5,77	—1,02	767	— 73	570	820	5,8	8	SO. 2	0,94	6,7	— 5,9	120
28	723,71	— 2,63	+ 8,24	+0,49	+ 6,2	+10,8	6,48	—0,24	825	— 16	620	890	11,1	10	SSO. 3	0,99	6,7	— 5,7	130
29	731,14	+ 4,79	+ 7,00	—0,57	+ 5,4	+ 9,7	6,67	+0,02	903	+ 62	800	970	6,8	12	variable	1,00	6,6	— 5,7	150
30	728,23	+ 1 88	+ 8,58	+1,18	+ 7,1	+10,9	8,00	+1,42	981	+139	870	1000	10,3	13	variable	0,97	—	—	155
31	726,44	+ 0,09	+10,24	+3,01	+ 8,1	+14,0	8,04	+1,53	865	+ 23	680	920	8,0	12	SSO. 2	1,00	7,8	— 4,2	156

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	729,42	729,59	729,41	728,85	728,04	727,55	727,74	728,25	728,59
2e «	725,86	726,41	726,51	726,32	725,82	725,68	725,82	726,12	726,35
3e «	724,81	724,97	724,85	724,22	723,91	723,70	723,71	724,36	724,85
Mois	726,64	726,92	726,86	726,39	725,86	725,58	725,69	726,18	726,54
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+ 6,47	+ 8,98	+12,71	+14,36	+15,77	+15,38	+13,74	+11,43	+10,08
2e «	+ 6,74	+ 8.54	+11,33	+12,00	+12,60	+11,77	+10,43	+ 9,43	+ 8,94
3e «	+ 7,41	+ 7,48	+ 9,65	+10,53	+10,63	+10,41	+10,36	+ 9,39	+ 8,80
Mois	+ 6,89	+ 8,31	+11,18	+12,24	+12,92	+12,45	+11,47	+10,06	+ 9,26
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	6,81	7,26	8,22	8,13	8,01	8,44	8,38	8,34	7,79
2e «	6,35	6,83	7,25	6,59	6,43	6,60	7,03	7,06	7,16
3e «	6,33	6,51	6,63	6,62	6,81	6,98	7,07	7,00	7,11
Mois	6,49	6,86	7,34	7,10	7,08	7,33	7,48	7,45	7,35
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	933	860	761	691	609	658	718	837	851
2e «	858	824	724	643	603	643	753	807	839
3e «	815	834	751	714	722	751	757	795	836
Mois	867	839	745	684	647	686	743	813	842

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	cm
1re décade	+ 5,55	+16,80	0,46	14,36	73,1	129,4
2e «	+ 5,43	+14,10	0,64	11,16	45,2	122,9
3e «	+ 5,74	+12,55	0,88	8,12	79,0	130,5
Mois	+ 5,58	+14,10	0,67	11,09	197,3	127,7

Dans ce mois, l'air a été calme 2,5 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,22 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 38°,8 O., et son intensité est égale à 71,0 sur 100.

Digitized by Google

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'OCTOBRE 1870.

Le 1, brouillard jusqu'à 10 h. du matin.
8, id. toute la journée.
10, id. une partie de la journée.
11, id. jusqu'à midi et de 4 à 6 h. de l'après-midi.
16, id. jusqu'à 4 h. de l'après-midi.
17, id. une partie de la journée. La quantité de la neige tombée est trop petite pour pouvoir être mesurée.
18, id. jusqu'à 8 h. du matin.
20, id. jusqu'à midi.
21, id. à 6 h. du matin ; la neige tombée dans la nuit du 20 au 21 n'est pas mesurable.
23, id. à peu près toute la journée.
25, id. une partie de la journée.
27, id. id.
28, La neige tombée dans la journée a été emportée par le vent.
30, brouillard tout le jour.
31, id. la plus grande partie de la journée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1 à 10 h. soir	574,55	Le 3 à 6 h. matin	572,95
4 à 10 h. soir	574,31	9 à 2 h. après m.	553,70
12 à 6 h. soir	565,55	13 à 6 h. soir	564,03
14 à 8 h. soir	565,30	16 à 6 h. matin	559,56
19 à midi	566,46	21 à 2 h. après m.	559,08
22 à 8 h. matin	565,00	24 à 8 h. matin	551,95
26 à 8 h. matin	563,63	28 à 2 h. après m.	557,53
29 à 6 h. soir	566,57	31 à 10 h. soir	561,17

Digitized by Google

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	573,98	+ 8,12	572,77	574,55	+ 0,58	— 0,93	— 0,8	+ 3,0	.....	.....	....	SO. 1	0,42
2	573,41	+ 7,64	573,19	573,77	+ 1,39	+ 0,03	— 2,4	+ 5,2	.....	.....	....	SO. 1	0,11
3	573,28	+ 7,60	572,95	573,84	+ 3,82	+ 2,61	— 0,4	+ 6,8	.....	.....	....	SO. 1	0.00
4	573,97	+ 8,38	573,56	574,31	+ 5,35	+ 4,29	+ 2,4	+ 8,4	.....	.. ..	....	SO. 1	0.00
5	572,45	+ 6,95	571,65	573,33	+ 4,01	+ 3,10	+ 2,2	+ 6,7	.....	.....	....	NE. 1	0.00
6	568,79	+ 3,38	567,97	569,87	+ 2,41	+ 1,65	+ 1,0	+ 5,0	.....	.....	.. .	NE. 1	0.00
7	565,29	— 0,03	564,73	566,13	+ 1,68	+ 1,07	— 0,1	+ 4,0	.....	.. ..	....	NE. 1	0.07
8	561,63	— 3,61	559,98	563,23	— 0,08	— 0,55	— 2,4	+ 3,2	47	6,6	2	SO. 2	0.94
9	554,43	—10,72	553,70	556,05	— 0,93	— 1,25	— 2,8	+ 1,8	200	59,4	20	NE. 1	0,99
10	554,35	—10,71	553,93	554,93	— 1,22	— 1,39	— 4,2	+ 3,2	210	18,1	16	NE. 1	0,93
11	559,65	— 5,32	557,13	561,72	— 6,61	— 6,63	— 8,4	— 4,5	60	7,0	6	NE. 1	0,64
12	564,78	— 0,10	562,83	565,55	+ 0,32	+ 0,46	— 9,2	+ 4,0	.....	11,5	4	variable	0.67
13	564,46	— 0,33	564,03	565.03	+ 1,91	+ 2,21	— 0,8	+ 4,1	.....	.....	....	NE. 1	0,74
14	564,86	+ 0,16	564,11	565.30	— 2,31	— 1,86	— 3,8	+ 0,8	.....	.....	....	NE. 1	0,12
15	562 49	— 2,12	560,63	564.22	— 2,03	— 1,43	— 2,8	+ 0,3	120	8,7	10	SO. 1	0,84
16	560,55	— 3,97	559,56	561,49	— 5,19	— 4,44	— 6,5	— 3,2	.....	.....	....	NE. 2	0,65
17	561,64	— 2,80	561,29	562,16	— 3,43	— 2,52	— 4,2	— 1,8	.....	....	....	SO. 1	0,68
18	565,29	+ 0,93	564,33	566.27	— 3,38	— 2,31	— 5,6	— 1,0	. ...	.....	....	NE. 1	0.21
19	566,10	+ 1,82	565,80	566,46	+ 0,13	+ 1,35	— 0,8	+ 2,0	.....	.....	....	NE. 1	0,24
20	562,57	— 1,63	561,71	564.50	— 2,73	— 1,36	— 5,2	+ 0,4	150	18,4	12	NE. 1	0,98
21	559,53	— 4,59	559,08	560,97	— 6,63	— 5,11	— 9,2	— 3,8	.....	.....	....	NE. 2	0,14
22	564,55	+ 0,51	564,00	565,00	— 3,80	— 2,13	— 7,3	+ 1,7	.....	.....	....	NE. 1	0,80
23	558,92	— 5,04	556,35	562,43	— 2,39	— 0,56	— 4,6	0,0	80	10,5	12	SO. 1	0,98
24	553.07	—10,81	551,95	555,55	— 5,83	— 3.85	— 7,5	— 3,0	180	35,6	14	variable	0,93
25	559.47	— 4,33	556,15	561,91	— 2,99	— 0,86	— 8,0	0,0	60	7,5	10	NE. 1	0,98
26	561.25	— 2.47	559,68	563,63	+ 2,32	+ 4,60	— 2,4	+ 6,2	70	9,7	8	SO. 2	0,85
27	561,07	— 2,58	560,39	562,06	— 5,71	— 3,28	— 7,5	— 3,0	.....	.....	....	NE. 1	0,93
28	558,70	— 4,88	557,53	560,20	— 5,53	— 2,95	— 6,3	— 3,8	200	18,4	22	NE. 2	1,00
29	564,65	+ 1,14	563,02	566,57	— 5,32	— 2,59	— 7,8	— 3,4	.....	.....	....	NE. 2	0,93
30	564,41	+ 0,97	563,87	565,33	— 1,51	+ 1,37	— 3,0	0,0	35	12 3	6	NE. 2	0,92
31	563,25	— 0,12	561,17	564,63	0,00	+ 3,02	— 1,2	+ 2,6	40	18,2	8	NE. 1	0,97

Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	567,53	567,64	567,61	567,36	567,05	566,93	566,95	566,96	566,96
2e »	562,86	563,17	563,39	563,34	563,25	563,27	563,39	563,51	563,53
3e »	560,77	560,85	561,09	560,87	560,68	560,72	560,85	560,90	561,07
Mois	563,62	563,79	563,93	563,76	563,56	563,55	563,64	563,70	563,77
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	— 0,21	+ 1,34	+ 3,20	+ 4,04	+ 4,29	+ 3,50	+ 1,92	+ 0,99	+ 0,43
2e »	— 3,09	— 1,92	— 1,10	— 0,46	— 0,73	— 1,55	— 2,54	— 2,60	— 2,80
3e »	— 4,70	— 3,88	— 3,19	— 1,72	— 1,43	— 2,48	— 3,07	— 2,90	— 3,03
Mois	— 2,73	— 1,56	— 0,45	+ 0,55	+ 0,64	— 0,25	— 1,29	— 1,55	— 1,84

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade	— 0,75	+ 4,73	0,35	84,1	457
2e »	— 4,73	+ 0,11	0,58	45,6	330
3e »	— 5,89	— 0,59	0,86	112,2	665
Mois	— 3,86	+ 1,35	0,60	241,9	1452

Dans ce mois, l'air a été calme 11,8 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,49 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 44,4 sur 100.

* Voir la note du tableau.

Digitized by Google

Digitized by Google

RECHERCHES

SUR

LES CHALEURS SPÉCIFIQUES

LES DENSITÉS ET LES DILATATIONS

DE QUELQUES DISSOLUTIONS

PAR C. MARIGNAC

Deuxième partie : DENSITÉS et DILATATIONS.

Ainsi que je l'ai annoncé dans la première partie de ce mémoire, j'ai tenu à comparer les changements de volume produits par la dilution des dissolutions aux variations de chaleur spécifique qui l'accompagnent. La comparaison des volumes à la température fixe de 0°, ne paraît pas convenable, les dissolutions étendues étant alors trop voisines du maximum de densité, et présentant, en conséquence, des anomalies dues à ce voisinage. D'un autre côté, il est difficile de déterminer les densités à une autre température fixe, à moins de déterminer, en même temps, la loi de dilatation entre les limites des températures atmosphériques. C'est pourquoi j'ai cherché à établir, pour chacune des dissolutions, les densités et les dilatations entre les limites de 0° et 30 à 35°.

Mes recherches, toutefois, n'ont porté que sur les dissolutions aqueuses, les appareils que j'avais fait construire dans ce but ne permettant pas de suivre la dilatation d'un liquide aussi dilatable que le sulfure de carbone.

Digitized by Google

Bien que ce travail embrasse un nombre de dissolutions trop peu considérable pour que l'on puisse espérer d'en tirer des conclusions générales de quelque importance, je pense qu'il peut y avoir quelque intérêt à en consigner ici les résultats, dans l'espérance qu'un jour on pourra les utiliser pour contrôler quelque essai de théorie sur la constitution moléculaire des dissolutions.

Sans doute nous possédons déjà un grand nombre de données sur les densités des dissolutions salines, et j'aurais pu en particulier, au moyen des précieuses tables publiées récemment par M. Gerlach [1], et dans lesquelles sont résumées les observations de MM. Schiff, Kremer, Gerlach, etc., calculer les densités correspondant aux diverses dissolutions dont j'avais déterminé les chaleurs spécifiques. Mais les données sur lesquelles reposent ces tables ne se rapportent pas à une même température pour toutes les substances; il m'a paru d'ailleurs avantageux d'avoir les densités des dissolutions mêmes que j'avais employées, correspondant à des compositions définies parfaitement déterminées, plutôt que de les déduire de formules d'interpolation qui laissent toujours quelque chance d'incertitude.

J'ai fait usage, pour ces recherches, d'appareils thermométriques auxquels je donnerai, comme l'a fait M. H. Kopp, le nom de dilatomètres.

J'ai employé plusieurs appareils semblables. La capacité de leurs réservoirs a varié de 15 à 28 centimètres cubes, celle des divisions de la tige de 0,4 à 1,4 millimètre cube, et le rapport d'une division au volume total de $\frac{1}{14000}$ à $\frac{1}{50000}$. Comme on peut très-bien apprécier

[1] Fresenius, *Zeitschrift für analytische Chemie*, 8ter Jahrgang, p. 245.

Digitized by Google

$\frac{1}{10}$ de division, il en résulte que les variations de volume étaient appréciées pour le moins à $\frac{1}{140000}$ près.

Bien que ces appareils m'eussent été fournis par des constructeurs réputés, comme exactement calibrés, j'ai reconnu que je ne pouvais pas m'y fier entièrement, et j'ai dû étudier pour chacun d'eux la marche d'une colonne de mercure dans la tige, et établir ainsi pour chacun une table de correction. Ce travail me faisait connaître en même temps la capacité exacte des divisions de la tige.

Quant à la capacité des réservoirs, et au coefficient de dilatation propre à chaque appareil, je les ai déterminés par le poids et la mesure des volumes occupés à diverses températures par de l'eau distillée, bien pure et purgée d'air. Je me suis servi, pour ces déterminations, de la table des densités de l'eau, publiée par M. Rossetti [1], et calculée sur la comparaison des résultats obtenus par lui-même et par MM. Despretz, H. Kopp, Pierre, Hagen et Matthiessen.

L'emploi de dilatomètres de grande capacité permet de déterminer par une seule opération la densité et la dilatation d'un liquide ; mais il exige des précautions particulières pour la connaissance exacte de la température au moment de l'observation des volumes. L'appareil suivant m'a donné de très-bons résultats.

Quatre dilatomètres sont disposés en cercle, autour d'un thermomètre à mercure central, dans un vase cylindrique en zinc, contenant environ quatre litres d'eau. Un disque métallique percé de trous correspondant aux réservoirs de ces appareils est animé d'un mouvement ver-

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 4me série, XVII, p. 375.

Digitized by Google

tical alternatif, déterminé par un appareil mécanique, et entretient constamment l'uniformité de température dans ce réservoir. Il est d'ailleurs contenu dans un autre cylindre plus grand, contenant une dizaine de litres d'eau, au-dessous duquel on peut allumer un bec de gaz. Lorsqu'on éteint cette flamme, la température continue encore à s'élever pendant près de trois quarts d'heure dans le vase intérieur, mais à la fin d'une manière presque insensible, de manière que les divers appareils arrivent peu à peu à une température uniforme, malgré la différence de leur masse et de leur conductibilité; enfin, la température devient stationnaire et le demeure assez longtemps pour que l'on puisse observer, à deux reprises, tous les instruments, en noter les indications et constater leur invariabilité.

Il est clair que ce résultat était surtout facilité par le fait que mes observations étaient faites à des températures peu éloignées de la température ambiante. Mais j'ai pu employer le même appareil avec le même succès pour comparer des thermomètres jusqu'à des températures voisines de l'ébullition; il suffit pour cela de ne pas éteindre complétement la flamme du bec de gaz avant de faire une observation, mais de la diminuer seulement de manière que la température ne s'abaisse que très-lentement dans le cylindre extérieur.

Une précaution indispensable pour l'exactitude des résultats, est de commencer la série des observations en chauffant chaque appareil jusqu'à ce que le liquide atteigne le sommet du tube, puis de le soumettre à un refroidissement extrêmement lent, pour arriver à la température la plus basse à laquelle l'observation doit commencer. Moyennant cette précaution, l'erreur résul-

Digitized by Google

tant de l'adhésion du liquide aux parois du tube est tout à fait insignifiante. Il n'en est pas de même quand le liquide s'abaisse rapidement dans la tige, même lorsqu'on maintient ensuite pendant longtemps une basse température, le dilatomètre étant placé verticalement.

Chaque appareil était fermé, pendant la durée des observations, par un tube de caoutchouc bouché à son extrémité supérieure, assez long et assez mince pour que les variations de volume du liquide dans la tige ne donnassent pas lieu à des variations de pression sensibles.

Les résultats de ces observations seront indiqués plus loin pour chacune des dissolutions que j'ai étudiées. Mais je veux encore signaler ici quelques expériences que j'ai faites dans le but de m'assurer si une dissolution présente aussitôt après sa préparation son volume définitif, ou si l'on observerait pendant quelques heures ou quelques jours des variations de volume appréciables.

J'ai essayé d'abord de constater ce fait, en répétant à plusieurs reprises l'observation du volume à 0°. Ce serait bien, si dans l'intervalle cette même température était maintenue. Mais lorsqu'on laisse les appareils revenir à la température ordinaire, pour les ramener à 0° pour chaque observation, on est exposé à attribuer à des changements de volume les différences, très-faibles, il est vrai, mais quelquefois cependant appréciables, résultant de l'adhésion du liquide dans la tige si le refroidissement a eu lieu trop rapidement.

Aussi ai-je préféré ne faire ces essais que sur des dissolutions dont j'avais déjà déterminé exactement la loi de dilatation; et faire toutes les observations à la température ordinaire, en y apportant les corrections nécessaires pour les ramener toutes à une même température.

Digitized by Google

riences dont le résultat a toujours été négatif. J'ai opéré sur des dissolutions de chlorure de sodium, d'acide sulfurique et de bisulfate de soude, tantôt en les préparant à froid, et les introduisant dans les dilatomètres au moyen du vide, tantôt en remplissant les appareils par l'ébullition. Une première observation était faite le plus rapidement possible, puis on la répétait de jour en jour pendant dix jours. Je n'ai jamais observé aucune différence dépassant la grandeur des erreurs possibles, c'est-à-dire 0,00002.

Une seule dissolution, celle du sulfate de soude, m'a présenté une fois un changement de volume dépassant la limite des erreurs admissibles, à la suite de la cristallisation et d'une nouvelle dissolution du sel dans l'intervalle des observations. On trouvera le détail de cette observation à propos de cette substance.

Dans le tableau des observations relatives à chaque dissolution, j'indique le poids P du liquide, corrigé pour le volume d'air déplacé, les volumes V correspondant aux températures *t* et corrigés de la dilatation du verre, les volumes relatifs, c'est-à-dire comparés au volume observé à 0° pris pour unité, et les densités rapportées à celle de l'eau à 4°. Les colonnes de résultats calculés se rapportent aux formules empiriques qui sont indiquées plus loin.

On a marqué d'une astérique les observations qui ont servi au calcul de ces formules.

Mon but étant seulement de pouvoir comparer les densités de toutes les dissolutions à une même température, je me suis borné à calculer des formules d'interpolation du second degré. Pour des dissolutions concentrées, elles représentent les observations avec une exacti-

Digitized by Google

tude très suffisante entre 0 et 30°. Pour les dissolutions très-étendues, contenant 400 à 200 molécules d'eau, il n'en est plus de même, ces dissolutions étant trop voisines à 0° de leur maximum de densité. Dans ce cas, je n'ai pas fait servir l'observation faite à 0° pour le calcul de la formule, mais j'ai pris un point de départ un peu plus élevé, afin qu'elle représente plus exactement les observations à la température moyenne de 20° pour laquelle j'ai établi la comparaison des volumes moléculaires.

Acide sulfurique.

H^2O, SO^3.

P	t	V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
44g,072	0°	*23,7855	1,00000	1,00000	1,85289	1,85289
	9,67	9169	552	552	4271	4271
	13,47	9682	768	768	3877	3878
	18,01	*24,0288	1023	1023	3413	3413
	19,13	0435	1085	1086	3301	3299
	23,00	0949	1301	1301	2910	2908
43g,756	14,41	23,8087	820	821	3782	3781
	18,64	8650	1059	1058	3347	3349
	21,93	9084	1243	1242	3015	3016
	25,48	9547	1439	1439	2661	2660
	30,30	*24,0177	1705	1705	2182	2182

La dilatation n'a pu être suivie de 0 à 30° qu'en faisant deux séries d'observations, en faisant sortir pour la seconde une portion de liquide. Les poids trouvés directement pour les deux séries ont été 44g,071 et 43g,757. Mais comme l'erreur relative des deux pesées peut atteindre 0g,002, tandis que l'observation des volumes permet la plus grande exactitude, j'ai fait subir à chacun des poids observés une correction de 0g,001 en plus pour l'un et en moins pour l'autre, nécessaire pour

Digitized by Google

mêmes températures.

Je dois remarquer ici, et pour toutes les observations suivantes, que la mention faite de la cinquième décimale n'a aucune importance en ce qui concerne les densités absolues, puisque l'incertitude des pesées peut bien entraîner une erreur de deux unités sur la quatrième décimale. Mais pour ce qui concerne les rapports des densités, ou les volumes relatifs qui sont indépendants des pesées, je crois que l'erreur peut être évaluée au plus à deux unités sur la cinquième décimale, comme on peut en juger par l'accord des observations et du calcul pour toutes les dissolutions concentrées. L'accord est moindre pour les dissolutions étendues, parce que je me suis borné à calculer des formules empiriques du 2me degré, et qu'elles ne représentent pas avec une exactitude suffisante la dilatation de l'eau et des dissolutions aqueuses très-étendues.

H^2O, SO^3+5 Aq.

P	t	V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
40g,908	0°	*28,6096	1,00000	1,00000	1,42987	1,42987
	9,67	7677	553	552	2201	2201
	13,47	8296	769	768	1896	1896
	18,01 *	9032	1026	1026	1534	1534
	19,13	9213	1089	1089	1446	1445
40,675[1]	14,41	6803	821	822	1822	1821
	18,64	7487	1062	1062	1485	1484
	21,93	8016	1248	1248	1225	1224
	25.48	8591	1450	1448	0943	0945
	30,30 *	9358	1720	1720	0570	0570

[1] Poids observé directement, 40,676.

Digitized by Google

$H^2O, SO^3 + 10$ Aq.

P	t	V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
25g,758	0°	*20,1904	1,00000	1,00000	1,27575	1,27575
	9,67	3051	568	566	6855	6856
	13,47	3498	790	789	6575	6577
	18,01	* 4033	1054	1054	6244	6244
	19,13	4165	1120	1120	6163	6162
25,574 [1]	14,41	2148	841	843	6511	6508
	18,64	2646	1090	1091	6200	6198
	21,93	3031	1282	1283	5961	5959
	25,48	3451	1491	1490	5701	5701
	30,30	* 4014	1772	1772	5354	5354

$H^2O, SO^3 + 15$ Aq.

P	t	V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
28g,643	0°	*23,7937	1,00000	1,00000	1,20381	1,20381
	8,10	9024	457	456	19833	19834
	10,55	0355	596	595	667	669
	15,70	*24,0047	887	887	322	322
	17,91	0350	1014	1013	172	174
	22,61	0983	1280	1280	18859	18859
28,403 [2]	14,26	23,7832	1,00801	1,00805	1,19425	1,19419
	20,02	8611	1131	1133	035	032
	25,55	9358	1447	1449	18663	18662
	30,62	*24,0046	1739	1739	323	323
	35,37	0687	2011	2012	008	006

$H^2O, SO^3 + 25$ Aq.

P	t	V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
26g,924	0°	*23,7489	1,00000	1,00000	1,13370	1,13370
	9,04	8493	423	425	2892	2890
	15,50	* 9241	738	738	2539	2539
	15,82	9278	753	754	2522	2522
	22,02	24,0010	1061	1061	2179	2180
	26,83	0587	1304	1304	1910	1910
	30,01	* 0972	1467	1467	1731	1731

[1] Pesée directe, 25,573.
[2] Pesée directe, 28,405.

Digitized by Google

$H^2O, SO^3 + 50$ Aq.

P	t	V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
	0°	*28,6404	1,00000	1,00000	1,07163	1,07163
	9,04	7189	274	277	6870	6867
	15,50	7838	501	501	629	629
30g,692	15,82 *	7872	513	513	617	617
	22,02	8551	750	749	366	367
	26,83	9116	947	946	158	159
	30,01 *	9506	1083	1083	015	015

$H^2O, SO^3 + 100$ Aq.

	0°	*15,5648	1,00000	1,00000	1,03721	1,03721
	9,04	5899	162	165	554	550
	15,50	6153	324	324	386	386
16g,144	15,82 *	6166	333	333	377	377
	22,02	6460	522	520	183	185
	26,83	6717	687	687	014	014
	28,98 *	6843	768	768	2931	2931

$H^2O, SO^3 + 200$ Aq.

	0°	*21,1766	1,00000	1,00000	1,01919	1,01919
	9,04	1962	93	97	825	820
	15,50 *	2223	216	216	700	700
21g,583	15,82	2239	223	223	692	693
	22,02	2575	382	378	531	536
	26,83	2882	527	524	385	388
	30,01 *	3106	633	633	278	278

$H^2O, SO^3 + 400$ Aq.

	0°	25,3053	1,00000	0,99981	1,00979	1,01001
	8,61 *	3170	47	1,00047	932	932
	13,68	3354	119	120	859	857
25g,553	19,07 *	3627	227	227	750	750
	23,34	3894	332	332	644	645
	27,21 *	4173	443	443	534	534

Une dissolution provenant d'une autre préparation m'a donné pour densité à 0° 1,00972.

L'acide à 400 équivalents d'eau présente un maximum de densité apparent (dans le verre) vers 1 ou 2°; en réa-

Digitized by Google

lité il serait un peu au-dessous de 0°. Mais la pro
de ce point ne permet pas de calculer une form
2me degré représentant, avec exactitude, les dens
de basses températures. Je n'ai donc employé, p
calcul de la formule, que l'observation à 8°,61 pour
de départ.

Les observations précédentes sont représentées p
formules suivantes :

Volumes relatifs de $H^2O, SO^3 + n$ Aq.

$n=$ 0	$V=1+0,0005758\ t-0,000000432\ t^2$
5	$V=1+0,0005726\ t-0,000000165\ t^2$
10	$V=1+0,0005858\ t-0,000000033\ t^2$
15	$V=1+0,0005618\ t+0,000000198\ t^2$
25	$V=1+0,0004625\ t+0,000000876\ t^2$
50	$V=1+0,0002835\ t+0,000002580\ t^2$
100	$V=1+0,0001450\ t+0,000004143\ t^2$
200	$V=1+0,0000629\ t+0,000004933\ t^2$
400	$V=0,99981+0,00003328\ t+0,00000501$

Densités.

$n=$ 0	$D=1,85289-0,0010654\ t+0,000001321$
5	$D=1,42987-0,0008201\ t+0,000000739$
10	$D=1,27575-0,0007479\ t+0,000000491$
15	$D=1,20381-0,0006771\ t+0.000000162$
25	$D=1,13370-0,0005254\ t-0,000000691$
50	$D=1,07163-0,0003034\ t-0\ 000002636$
100	$D=1,03721-0,0001511\ t-0,000004191$
200	$D=1,01919-0,0000640\ t-0,000004983$
400	$D=1,01001-0,0\ 00380\ t-0,000004912$

Coefficient de dilatation, $\frac{dV}{dt}=\delta$		Valeur à 2
$n=$ 0	$\delta=0,0005758-0,000000864\ t$	0,000558
5	$\delta=0,0005726-0,000000330\ t$	566
10	$\delta=0,0005858-0,000000067\ t$	584
15	$\delta=0,0005618+0,000000397\ t$	569
25	$\delta=0,0004625+0,000001752\ t$	497
50	$\delta=0,0002835+0,000005160\ t$	386
100	$\delta=0,0001450+0,000008286\ t$	310
200	$\delta=0,0000629+0,000009866\ t$	260
400	$\delta=0,0000333+0,000010030\ t$	233

Digitized by Google

On voit que la dilatation de l'acide sulfurique concentré diminue à mesure que la température s'élève. Il en est de même pour les mélanges d'acide et d'eau, jusqu'à ce que l'on atteigne environ 11 équivalents d'eau. La dilatation est alors uniforme, puis va en croissant avec la température, à mesure que la proportion d'eau augmente. Le maximum de dilatation correspond aussi au mélange renfermant environ 11 équiv. d'eau.

Enfin j'ai réuni, dans le tableau suivant, pour la température moyenne de 20°, les densités et les volumes moléculaires, celui de l'eau à la même température étant exprimé par 18. Une colonne indique les poids moléculaires. Une dernière colonne renferme les différences entre le volume moléculaire de la dissolution et celui de l'eau qu'elle contient.

n	D	p	v	$v-18n$
0	1,83211	98	53,40	53,40
5	1,41317	188	132,80	42,80
10	1,26099	278	220,08	40,08
15	1,19033	368	308,60	38,60
25	1,12292	548	487,14	37,14
50	1,06451	998	935,9	35,9
100	1,03251	1898	1835,0	35,0
200	1,01592	3698	3633,6	33,6
400	1,00728	7298	7232,8	32,8
Eau	0,99826	18	18	

La décroissance continuelle des nombres de la dernière colonne montre qu'il y a toujours contraction, soit par le mélange de l'acide sulfurique avec l'eau, soit par la dilution de ces mélanges.

Digitized by Google

Sulfate de soude.

$Na^2O,SO^3 + 25$ Aq. Poids, $28^g,572$.

	t	V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
I.	11°,23	*23,0656	1,00420	1,00420	1,23873	1,23873
	16,30	1117	621	620	626	627
	19,35	1397	743	743	476	476
	23,14	* 1757	899	900	284	284
	28,73	2306	1138	1138	2993	2994
	33,82	* 2817	361	361	723	723
	39,76	3445	634	630	393	398
	48,20	4351	2029	2027	1920	1919
II.	0°	22,9707	1,00007	1,00000	1,24384	1,24393
	9,50	23,0516	359	353	3948	3955
	13,50	0882	518	512	752	759
	23,86	1839	935	930	241	247
	32,26	2669	1296	1292	2801	2807
	40,28	3500	1658	1654	364	369

La dissolution avait été préparée avec du sulfate de soude anhydre, et chauffée à 100 degrés pour en chasser l'air.

Dans une première série d'observations, on a suivi la dilatation entre 48 et 11 degrés. Mais au-dessous de 11° le sel a cristallisé ce qui a déterminé une rapide ascension du liquide. Dans cet état, l'appareil fonctionne à l'inverse d'un thermomètre, le liquide s'élevant dans la tige chaque fois que la température s'abaisse, et descendant au contraire lorsqu'il y a réchauffement, à cause de la diminution de volume qui accompagne la fusion du sulfate de soude cristallisé.

L'appareil ayant été porté dans une étuve à 40 degrés, le sel s'est complétement liquéfié de nouveau, et l'on a pu faire une seconde série d'observations où la température a pu être abaissée jusqu'à 0° sans qu'il y ait eu cristallisation.

Digitized by Google

Néanmoins, je n'ai utilisé que trois observations de la première série, pour établir la formule empirique de la dilatation. On remarquera que, tandis que toutes les observations de cette série sont représentées très-exactement par le calcul, toutes celles de la seconde série présentent une augmentation de volume qui varie de 0,00007 à 0° à 0,00004 à 40°, et qui est trop constante pour être accidentelle.

Il semble donc qu'après la cristallisation du sel à 10 équivalents d'eau, la dissolution n'ayant été chauffée qu'à 40 degrés, a conservé une trace de la dilatation produite par la formation de cet hydrate. J'aurais voulu poursuivre la vérification de ce fait; mais une nouvelle cristallisation ayant eu lieu, a déterminé la rupture du réservoir.

$Na^2O, SO^3 + 50$ Aq. Poids, 24g,364.

			Volumes relatifs		Densités	
t		V	observés.	calculés.	observées.	calculées.
0°	*	21,4944	1,00000	1,00000	1,13350	1,13350
9,38		5523	270	271	046	044
17,06	*	6068	523	523	2761	2761
23,86		6601	771	770	483	485
29,30		7058	984	983	247	248
32,26	*	7319	1105	1105	112	112
36,85		7737	1299	1302	1896	1893

$Na^2O, SO^3 + 100$ Aq. Poids, 25g,4655.

0°	*	23,7896	1,00000	1,00000	1,07045	1,07045
9,38		8331	180	187	6849	6846
17,06	*	8811	385	385	635	635
23,86		9315	596	595	410	413
29,30		9768	787	786	209	211
32,26	*	24,0032	898	898	092	092
36,85		0466	1080	1084	5901	5895
40,28		0806	1223	1233	751	738

Digitized by Google

$Na^2O, SO^3 + 200$ Aq. Poids, $20^g,952$.

			Volumes relatifs		Densités	
t		V	observés.	calculés.	observées.	calc
0°	*	20,2162	1,00000	1,00000	1,03640	1,0
8,78		2363	99	106	537	
13,94		2561	197	200	435	
16,84	*	2695	264	264	367	
22,90		3016	422	421	204	
29,30	*	3420	622	622	2999	9
32,26		3633	728	727	891	
36,85		3981	900	906	715	

$Na^2O, SO^3 + 400$ Aq. Poids, $29^g,173$.

			Volumes relatifs		Densités	
t		V	observés.	calculés.	observées.	calcu
0°		28,6430	1,00000	0,99982	1,01850	1,01
8,78	*	6595	58	1,00058	792	
13,94		6818	135	136	713	
16,84	*	6979	192	192	656	
22,90		7389	335	333	510	
27,48		7763	465	463	379	
32,26	*	8205	620	620	223	
36,85		8674	783	791	059	
40,28		9057	917	932	1,00925	1,00

Cette dissolution présente un maximum de densité parent (dans le verre) un peu au-dessus de 0°.

Les formules empiriques suivantes représentent observations.

Volumes relatifs de $Na^2O, SO^3 + n$ Aq.

$n = 25$ $V = 1 + 0,0003599\,t + 0,000001258\,t^2$

50 $V = 1 + 0,0002662\,t + 0,000002366\,t^2$

100 $V = 1 + 0,0001665\,t + 0,000003466\,t^2$

200 $V = 1 + 0,0000817\,t + 0,000004456\,t^2$

400 $V = 0,99982 + 0,0000448\,t + 0,000004740\,t^2$

Digitized by Google

Densités.

$n=$ 25	$D=1,24393-0,0004478\,t-0,000001361\,t^2$
50	$D=1,13350-0,0003020\,t-0,000002533\,t^2$
100	$D=1,07045-0,0001785\,t-0,000003624\,t^2$
200	$D=1,03640-0,0000855\,t-0,000004547\,t^2$
400	$D=1,01870-0,0000464\,t-0,000004774\,t^2$

	Coefficient de dilatation.	Valeur à 20 degrés.
$n=$ 25	$\delta=0,0003599+0,000002516\,t$	0,0004102
50	$\delta=0,0002662+0,000004732\,t$	3608
100	$\delta=0,0001665+0,000006932\,t$	3051
200	$\delta=0,0000817+0,000008912\,t$	2599
400	$\delta=0,0000448+0,000009480\,t$	2344

Densités et volumes moléculaires à 20 degrés.

n	D	p	v	$v-18\,n$
25	1,23443	592	478,7	28,7
50	1,12645	1042	923,4	23,4
100	1,06545	1942	1819,5	19,5
200	1,03287	3742	3616,6	16,6
400	1,01586	7342	7214,8	14,8

Ce tableau montre qu'il y a toujours contraction par le mélange de l'eau avec une dissolution de sulfate de soude.

Bisulfate de soude.

$\left.\begin{matrix}Na\\H\end{matrix}\right\}O,SO^3+25$ Aq. Poids, $28^g,092$.

t	V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
0°	* 23,7976	1,00000	1,00000	1,18332	1,18332
9,62	9170	527	521	7711	7719
12,40	9524	676	672	537	541
16,10	* 24,0000	876	876	304	304
21,90	0763	1197	1198	6932	6931
27,01	1445	1483	1484	602	600
31,43	* 2040	1733	1733	313	313
33,80	2363	1869	1868	160	159

Digitized by Google

$\left.\begin{matrix}Na\\H\end{matrix}\right\}O,SO^3+50$ Aq. Poids, 23g,638.

t		V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
0°	*	21,4877	1,00000	1,00000	1,10007	1,10007
9,62		5616	344	344	1,09630	1,09629
12,40		5850	453	453	511	511
16,10	*	6172	603	603	348	348
21,90		6712	854	852	076	078
27,01		7216	1089	1086	8823	8826
31,43	*	7668	1299	1299	597	597
33,80		7920	1416	1417	471	470

$\left.\begin{matrix}Na\\H\end{matrix}\right\}O,SO^3+100$ Aq. Poids, 25g,088.

0°	*	23,8328	1,00000	1,00000	1,05267	1,05267
9,62		8829	210	214	046	042
12,40		9012	287	289	4965	4964
16,10	*	9276	398	398	850	850
21,90		9739	592	590	647	650
27,01		24,0195	783	781	448	452
31,43	*	621	962	962	264	264
33,80		860	1062	1065	160	157

$\left.\begin{matrix}Na\\H\end{matrix}\right\}O,SO^3+200$ Aq. Poids, 15g,970.

0°	*	15,5458	1,00000	1,00000	1,02729	1,02729
9,62		5649	123	127	603	598
12,40		5734	178	180	547	544
16,10	*	5866	262	262	460	460
21,90		6112	421	418	298	302
27,01		6368	585	581	131	135
31,43	*	6613	743	743	1971	1971
33,80		6749	831	837	882	875

Digitized by Google

Formules empiriques pour $\left.\begin{matrix}Na\\H\end{matrix}\right\}O, SO^3 + n\,Aq.$

Volumes relatifs.

$n=$ 25 $V=1+0,0005364\,t+0,000000475\,t^2$
50 $V=1+0,0003338\,t+0,000002529\,t^2$
100 $V=1+0,0001854\,t+0,000003840\,t^2$
200 $V=1+0,0000854\,t+0,000004805\,t^2$

Densités.

$n=$ 25 $D=1,18332-0,0006344\,t-0,000000252\,t^2$
50 $D=1,10007-0,0003680\,t-0,000002564\,t^2$
100 $D=1,05267-0,0001959\,t-0,000003921\,t^2$
200 $D=1,02729-0,0000893\,t-0,000004833\,t^2$

	Coefficients de dilatation.	Valeur à 20 degrés.
$n=$ 25	$\delta=0,0005364+0,000000950\,t$	0,0005554
50	$\delta=0,0003338+0,000005058\,t$	4349
100	$\delta=0,0001854+0,000007680\,t$	3390
200	$\delta=0,0000854+0,000009610\,t$	2776

La dilatation surpasse de beaucoup soit celle du sulfate de soude, soit celle de l'acide sulfurique pour la même proportion d'eau.

Densités et volumes moléculaires à 20 degrés.

n	D	p	v	$v-18\,n$
25	1,17053	570	486,1	36,1
50	1,09168	1020	932,7	32,7
100	1,04718	1920	1830,3	30,3
200	1,02357	3720	3628,0	28,0

Si nous comparons enfin les volumes moléculaires des dissolutions au même titre de sulfate de soude, de bisulfate et d'acide sulfurique, nous trouvons :

n	H^2O,SO^3	$\left.\begin{matrix}H\\Na\end{matrix}\right\}O,SO^3$	Na^2O,SO^3
25	487,1	486,1	478,7
50	935,9	932,7	923,4
100	1835,0	1830,3	1819,5
200	3633,6	3628,0	3616,6
400	7232,8	»	7214,8

Digitized by Google

Le volume moléculaire des dissolutions de bisulfate est toujours supérieur à la moyenne des volumes moléculaires de celles de l'acide sulfurique et du sulfate neutre. Il y a donc toujours dilatation lors du mélange de ces dissolutions.

Toutefois, le volume moléculaire du bisulfate est toujours compris entre ceux de l'acide sulfurique et du sulfate neutre, ce qui n'avait point lieu pour les chaleurs moléculaires. Il en résulte qu'il n'y a pas de relation proportionnelle entre les variations de chaleur moléculaire et de volume moléculaire résultant du mélange de deux dissolutions.

Acide chlorhydrique.

HCl+6,25 Aq. Poids, 27^{g},005.

			Volumes relatifs		Densités	
t		V	observés.	calculés.	observées.	calculées.
0°	*	23,8898	1,00000	1,00000	1,13040	1,13040
6,99		9645	312	313	2687	2687
13,74		24,0373	617	617	2346	2346
16,68	*	0691	750	750	2198	2198
21,41		1201	964	965	1961	1959
26,43		1748	1193	1194	1707	1706
29,64	*	2102	1341	1341	1544	1544
33,36		2512	1513	1512	1355	1356

HCl+12,5 Aq. Poids, 23^{g},147.

0°	*	21,5587	1,00000	1,00000	1,07367	1,07367
6,99		6022	202	204	7151	7149
13,74		6481	415	416	6924	6923
16,68	*	6692	513	513	820	820
21,41		7041	674	675	645	648
26,43		7432	856	855	456	457
29,64	*	7689	975	975	331	331
33,36		8005	1122	1118	176	180

Digitized by Google

HCl+25 Aq. Poids, 24^{g},830.

t		V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
0°	*	23,8874	1,00000	1,00000	1,03946	1,03946
6,99		9158	119	122	823	820
13,74		9514	268	269	668	667
16,68	*	9690	342	342	592	592
21,41		24,0002	472	471	457	459
26,43		370	626	625	299	301
29,64	*	620	731	731	192	192
33,36		929	860	862	059	057

HCl+50 Aq. Poids, 15^{g},210.

0°	*	14,9022	1,00000	1,00000	1,02065	1,02065
6,99		115	62	67	2002	1997
13,74		276	170	172	1892	1890
16,68	*	365	230	230	831	831
21,41		528	340	339	720	720
26,43		736	479	477	579	581
29,64	*	881	576	576	481	481
33,36		15,0065	700	702	356	353

HCl+100 Aq. Poids, 19^{g},487.

0°		19,2834	1,00000	0,99987	1,01056	1,01071
3,13		2844	5	1,00001	1051	1057
4,55		2858	10	10	1046	1047
6, 0	*	2881	26	26	1030	1030
10,94		2977	74	77	981	979
17,18	*	3182	180	180	874	874
23,00		3438	313	311	740	743
28,92	*	3756	478	478	575	575
30,88		3880	542	541	511	512

HCl+200 Aq. Poids, 20^{g},493.

0°		20,3849	1,00000	0,99972	1,00530	1,00560
5,18		3850	0	0,99993	530	538
8,85	*	3897	24	1,00024	507	507
12,12		3973	61	62	469	468
15,90		4089	118	120	412	410
20,46	*	4273	208	208	322	322
24,77		4482	311	310	219	220
29,05		4726	430	429	100	101
32,08	*	4918	524	524	006	006

Digitized by Google

Formules empiriques pour HCl+nAq.

Volumes relatifs.

$n=$ 6,25	$V=1$	$+0,0004460\,t+0,000000215\,t^2$
12,5	$V=1$	$+0,0002800\,t+0,000001650\,t^2$
25	$V=1$	$+0,0001515\,t+0,000003209\,t^2$
50	$V=1$	$+0,0000652\,t+0,000004355\,t^2$
100	$V=0,99987$	$+0,0000284\,t+0,000004890\,t^2$
200	$V=0,99972$	$+0,0000153\,t+0,000004884\,t^2$

Densités.

$n=$ 6,25	$D=1,13040$	$-0,0005049\,t+0,000000005\,t^2$
12,5	$D=1,07367$	$-0,0003001\,t-0,000001666\,t^2$
25	$D=1,03946$	$-0,0001580\,t-0,000003253\,t^2$
50	$D=1,02065$	$-0,0000673\,t-0,000004378\,t^2$
100	$D=1,01071$	$-0,0000313\,t-0,000004845\,t^2$
200	$D=1,00560$	$-0,0000173\,t-0,000004847\,t^2$

	Coefficients de dilatation.	Valeur à 20 degrés.
$n=$ 6,25	$\delta=0,0004460+0,000000430\,t$	0,0004546
12,5	$\delta=0,0002800+0,000003301\,t$	3460
25	$\delta=0,0001515+0,000006418\,t$	2799
50	$\delta=0,0000652+0,000008710\,t$	2394
100	$\delta=0,0000284+0,000009780\,t$	2240
200	$\delta=0,0000153+0,000009768\,t$	2107

Densités et volumes moléculaires à 20 degrés.

n	D	p	r	$v-18n$
6,25	1,12030	149	132,77	20,27
12,50	1,06700	261,5	244,65	19,65
25	1,03500	486,5	469,23	19,23
50	1,01755	936,5	918,75	18,75
100	1,00815	1836,5	1818,42	18,42
200	1,00330	3636,5	3618,23	18,23

Chlorure de sodium.

Na Cl + 12,5 Aq.

La dilatation, trop forte pour le dilatomètre employé, a dû être suivie dans deux séries d'observations, après avoir chassé un peu de liquide pour la seconde.

Digitized by Google

Le poids de la dissolution était de 20g,747 pour la première série, pour la seconde on l'avait trouvé de 20g,676, mais on a admis 20g,677 pour établir l'égalité des densités aux mêmes températures dans les deux séries.

	t		V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
I.	0°	*	17,8564	1,00000	1,00000	1,16188	1,16188
	8,87		9159	333	333	5802	5803
	14,28		9535	544	545	560	559
	19,65	*	9926	763	763	309	309
II.	15,27		17,9002	585	585	512	513
	19,34		9295	750	750	323	324
	25,58	*	9762	1012	1012	024	024
	29,34		18,0049	1173	1174	4841	4839

NaCl+25 Aq.

1re série. Poids, 28g,034.
2me série. Poids, 27g,911.

I.	0°	*	25,7598	1,00000	1,00000	1,08867	1,08867
	8,72		8224	243	242	603	603
	16,15		8821	475	478	353	349
II.	15,22	*	7514	447	447	382	382
	22,57		8167	702	702	106	108
	27,62		8654	892	893	7905	7903
	28,84	*	8778	941	941	853	854

NaCl+50 Aq. Poids, 16g,2942.

0°	*	15,5646	1,00000	1,00000	1,04688	1,04688
8,20		5869	143	145	537	536
14,41	*	6094	288	288	387	387
19,25		6302	422	420	248	250
25,45		6604	616	614	047	048
28,35	*	6759	715	715	3944	3944

Digitized by Google

Na Cl+100 Aq. Poids, 18g,3284.

t		V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densit observées.	
0°	*	17,9007	1,00000	1,00000	1,02389	1
4,00		9059	29	32	360	
10,75		9220	119	120	268	
13,80	*	9321	175	175	210	
18,66		9513	283	280	101	
26,20	*	9883	489	489	1891	

Na Cl+200 Aq. Poids, 26g,083.

0°		25,7729	1,00000	0,99983	1,01203	1
4,00	*	7754	10	1,00010	193	
8,60		7847	46	50	157	
10,75		7923	75	76	127	
13,80		8041	121	122	081	
18,66	*	8284	215	215	0985	
26,20	*	8781	408	408	792	

Ces observations conduisent aux formules empi suivantes pour Na Cl+n Aq.

Volumes relatifs.

n=12,5	V=1	+0,0003640 t +0,00000123
25	V=1	+0,0002573 t +0,00000239
50	V=1	+0,0001457 t +0,00000375
100	V=1	+0,00 0602 t +0,00000482
200	V=0,99983	+0,0000213 t +0,00000523

Densités.

n=12,5	D=1,16188—0,0004223 t —0,00000127
25	D=1,08867—0,0002818 t —0,00000241
50	D=1,04688—0,0001535 t —0,00000384
100	D=1,02389—0,0000625 t —0,00000486
200	D=1,01211—0,0000254 t —0,00000513

Digitized by Google

	Coefficients de dilatation.	Valeur à 20 degrés.
$n=12,5$	$\delta=0,0003640+0,000002474\ t$	0,0004135
25	$\delta=0,0002573+0,000004786\ t$	3530
50	$\delta=0,0001457+0,000007516\ t$	2960
100	$\delta=0,0000602+0,000009650\ t$	2532
200	$\delta=0,0000213+0,000010462\ t$	2305

Densités et volumes moléculaires à 20 degrés.

n	D	p	v	$v-18\,n$
12,5	1,15292	283,5	245,47	20,47
25	1,08207	508,5	469,12	19,12
50	1,04227	958,5	918,02	18,02
100	1,02069	1858,5	1817,66	17,66
200	1,00965	3658,5	3617,58	17,58

Il résulte de là, que la dilution d'une dissolution de chlorure de sodium est toujours accompagnée d'une contraction.

Sucre.

$C^{12}H^{22}O^{11}+25$ Aq. Poids, $28^{g},620$.

t		V	Volumes relatifs observés.	Volumes relatifs calculés.	Densités observées.	Densités calculées.
0°	*	23,8593	1,00000	1,00000	1,19953	1,19953
5,60		8943	147	149	777	775
9,97		9245	273	275	624	624
16,33	*	9273	474	474	388	388
21,72		24,0161	657	657	170	171
25,56		0490	795	795	007	008
29,95	*	0885	961	961	1,18812	1,18812
35,42		1401	1177	1180	558	554

$C^{12}H^{22}O^{11}+50$ Aq. Poids, $24^{g},142$.

0°	*	21,5522	1,00000	1,00000	1,12016	1,12016
7,51		5818	137	139	1863	1860
11,88		6034	238	238	751	750
15,44	*	6232	329	329	649	649
19,49		6480	445	443	521	523
25,33		6876	628	627	317	319
30,32	*	7253	803	803	124	124
36,86		7789	1052	1060	1,10850	1,10840

Digitized by Google

$C^{12}H^{22}O^{11} + 100$ Aq. Poids, $25^{g},392$.

			Volumes relatifs		Densités	
t		V	observés.	calculés.	observées.	ca
0°	*	23,7980	1,00000	1,00000	1,06698	1,(
5,60		8113	56	61	638	
9,97		8272	123	127	567	
16,33	*	8583	254	254	428	
21,72		8913	392	389	281	
25,56		9180	504	501	163	
29,95	*	9515	645	645	014	
35,42		9979	840	848	1,05809	1,(

$C^{12}H^{22}O^{11} + 200$ Aq. Poids, $16^{g},112$.

0°	*	15,5621	1,00000	1,00000	1,03534	1,(
7,67		5692	45	52	487	
11,82		5778	101	106	429	
19,22	*	5999	243	243	283	
25,33		6245	401	398	120	
30,32	*	6482	553	553	1,02964	1,0
36,86		6840	783	794	729	

$C^{12}H^{22}O^{11} + 400$ Aq. Poids, $25^{g},765$.

0°		25,3075	1,00000	0,99985	1,01808	1,0
5,60	*	3096	8	1,00008	799	
9,97		3188	45	47	762	
16,33	*	3427	139	139	666	
21,72		3715	253	248	551	
25,56		3961	350	343	453	
29,95	*	4265	470	470	331	

D'où l'on déduit les formules empiriques suivantes

Volumes relatifs de $C^{12}H^{22}O^{11} + n$ Aq.

$n=$ 25	V=1	$+0,0002536\,t + 0,000002247\,t^2$
50	V=1	$+0,0001594\,t + 0,000003478\,t^2$
100	V=1	$+0,0000838\,t + 0,000004392\,t^2$
200	V=1	$+0,0000295\,t + 0,000005041\,t^2$
400	V=0,99985	$+0,0000132\,t + 0,000004967\,t^2$

Digitized by Google

Densités.

$n=$ 25	$D=1,19953-0,0003040\,t-0,000002568\,t^2$
50	$D=1,12016-0,0001791\,t-0,000003797\,t^2$
100	$D=1,06698-0,0000898\,t-0,000004629\,t^2$
200	$D=1,03534-0,0000310\,t-0,000005179\,t^2$
400	$D=1,01822-0,0000139\,t-0,000005013\,t^2$

	Coefficients de dilatation.	Valeur à 20 degrés.
$n=$ 25	$\delta=0,0002536+0,000004494\,t$	0,0003434
50	$\delta=0,0001594+0,000006956\,t$	2985
100	$\delta=0,0000838+0,000008784\,t$	2595
200	$\delta=0,0000295+0,000010082\,t$	2312
400	$\delta=0,0000132+0,000009934\,t$	2118

Densités et volumes moléculaires à 20 degrés.

n	D	p	v	$v-18\,n$
25	1,19242	792	663,0	213,0
50	1,11506	1242	1111,9	211,9
100	1,06333	2142	2010,9	210,9
200	1,03265	3942	3810,8	210,8
400	1,01594	7542	7410,8	210,8

Le sucre cristallisé a pour densité 1,59; son volume moléculaire est donc de 215. Il y a donc contraction très-faible par sa dissolution, et par la dilution des dissolutions concentrées. Mais au delà de 100 molécules d'eau, la contraction produite par la dilution devient insensible.

Observation générale.

Tous les auteurs qui ont fait des recherches sur les densités des dissolutions aqueuses, ont constaté ce fait général, que leur dilution est toujours accompagnée d'une contraction.

Un autre fait général, qui résulte de mes observations, par un calcul facile à exécuter, et dont il est inutile de

Digitized by Google

donner ici le détail, c'est que, lorsqu'on mélange de l'eau à une dissolution, le coefficient de dilatation du mélange est supérieur à la moyenne des coefficients de dilatation des deux liquides mélangés [1]. Il en résulte que la contraction produite par le mélange diminue, à mesure que ce mélange est opéré à des températures plus élevées.

Les recherches publiées récemment par M. Pfaundler, sur la chaleur spécifique de divers mélanges d'eau et d'acide sulfurique, à des températures de plus en plus élevées, mettent en évidence un fait analogue. L'accroissement de la chaleur spécifique de ces mélanges, à mesure que la température s'élève, est bien plus rapide que pour l'eau et l'acide sulfurique séparés. Il est très-probable que ce fait est général. Il semble donc que l'on peut conclure de là, qu'à des températures suffisamment élevées, la dilution des dissolutions ne donnerait plus lieu ni à une contraction, ni à une perte de chaleur spécifique.

Note additionnelle.

En déterminant les chaleurs spécifiques de quelques dissolutions salines, j'avais principalement pour but de vérifier, par des expériences plus rigoureuses, un fait singulier qui m'avait paru résulter de mes recherches préliminaires sur les chaleurs dégagées par la dilution ou le mélange de ces dissolutions [1].

J'avais remarqué, en effet, que je n'obtenais pas la même somme d'effets thermiques lorsque je mélangeais

[1] Les dissolutions de sucre, étendues de 100 molécules d'eau ou plus, font exception à cette règle, mais aussi leur dilution ne paraît plus donner lieu à une contraction appréciable.

[2] Voyez *Archives*, 1869, tome XXXVI, p. 335.

Digitized by Google

deux dissolutions concentrées, et que j'ajoutais ensuite de l'eau au mélange, et lorsque je ne mélangeais ces dissolutions qu'après les avoir étendues d'eau, de manière à arriver cependant au même produit final. La différence se reproduisant toujours dans le même sens, dans toutes mes expériences, constituait une anomalie curieuse, digne d'être poursuivie par des recherches plus exactes, en tenant compte des chaleurs spécifiques des dissolutions, ce que je n'avais pu faire alors.

Je crois maintenant que cette discordance n'était en effet due qu'à l'influence de cette cause. Le fait résulte, pour moi, d'une série d'expériences faites avec le plus grand soin sur la réaction de l'acide chlorhydrique sur le sulfate de soude, réaction que j'ai choisie comme l'une de celles qui, dans mes expériences préliminaires, m'avaient présenté cette anomalie de la manière la plus marquée.

La comparaison des effets thermiques produits, suivant que la dilution précède ou suit le mélange de deux liquides, exige la connaissance d'un grand nombre de données.

Outre les chaleurs spécifiques des dissolutions d'acide chlorhydrique et de sulfate de soude, dont la valeur a été donnée dans la première partie de ce mémoire, j'ai dû déterminer celles du mélange de ces dissolutions; j'ai obtenu les résultats suivants :

	Chaleur spécifique.	Chaleur moléculaire.
$Na^2O,SO^3+H^2Cl^2+$ 50 Aq.	0,8325	928
+100 Aq.	0,9005	1814
+200 Aq.	0,9443	3602
+400 Aq.	0,9703	7195
+800 Aq.	0,9846	14391

J'ai dû mesurer ensuite les effets thermiques produits,

Digitized by Google

soit par la dilution de ces dissolutions, soit par leur mélange. Les résultats, déduits de la moyenne d'un grand nombre d'expériences, ont été les suivants :

		Calories.
$(H^2Cl^2 + 25\ Aq.)$	$+ 75\ Aq.$	$= +1340$
	$+175\ Aq.$	$= +1606$
	$+375\ Aq.$	$= +1744$
$(Na^2O,SO^3 + 75\ Aq.)$	$+ 25\ Aq.$	$= - 262$
	$+125\ Aq.$	$= - 733$
	$+325\ Aq.$	$= -1011$
$(Na^2O,SO^3 + H^2Cl^2 + 100\ Aq.)$	$+100\ Aq.$	$= + 78$
	$+300\ Aq.$	$= + 308$
	$+700\ Aq.$	$= + 664$

$(H^2Cl^2 + 25\ Aq.) + (Na^2O,SO^3 + 75\ Aq.) = -2730$
$(H^2Cl^2 + 100\ Aq.) + (Na^2O,SO^3 + 100\ Aq.) = -3692$
$(H^2Cl^2 + 200\ Aq.) + (Na^2O,SO^3 + 200\ Aq.) = -3270$
$(H^2Cl^2 + 400\ Aq.) + (Na^2O,SO^3 + 400\ Aq.) = -2747$

Les expériences ont été faites à des températures variant de 14 à 17 degrés, mais les résultats sont ramenés par le calcul à une température moyenne de 16°. La nécessité de cette correction, fondée sur la différence de chaleur spécifique des dissolutions et de leur mélange, a été signalée pour la première fois par M. Person [1], qui a donné en même temps la formule par laquelle on peut la calculer. Du reste, le calcul de cette correction est beaucoup plus simple quand on a déjà calculé les chaleurs moléculaires des dissolutions dont on opère le mélange. Ainsi, je suppose qu'il s'agisse de déterminer l'effet thermique produit par le mélange d'un équivalent d'acide chlorhydrique étendu de 400 équivalents d'eau, avec un équivalent de sulfate de soude également étendu de 400 équivalents d'eau. Nous aurons :

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 3me série, XXXIII, p. 459.

Digitized by Google

Chaleur moléculaire de l'acide chlorhydrique...	7145
Chaleur moléculaire du sulfate de soude	7193
Somme.....	14338
Chaleur moléculaire du mélange	14391
Différence.....	+ 53

La chaleur moléculaire du mélange surpassant de 53 calories celle des deux dissolutions séparées, pour chaque degré d'élévation de la température de ces dissolutions, au moment où on les mélange, l'effet thermique s'accroîtra de — 53c. Cet exemple montre l'importance de cette correction, même pour des expériences faites à des températures peu différentes les unes des autres.

Appliquons maintenant les données précédentes à la solution de la question que nous nous sommes posée, savoir s'il y a une différence dans la somme des effets thermiques produits par le mélange et la dilution de deux dissolutions, suivant que la dilution précède ou suit ce mélange. Nous établirons pour cela la comparaison suivante :

$(Na^2O,SO^3+75\ Aq.)+25\ Aq.$	- 262	$(Na^2O,SO^3+75\ Aq.)+(H^2Cl^2+25\ Aq.)$	-2730
$(H^2Cl^2+25\ Aq.)+75\ Aq.$	+1340	$(Na^2O,SO^3+H^2Cl^2+100\ Aq.)+100\ Aq.$	+ 78
Mélange	-3692		
Somme	-2614		-2652
$(Na^2O,SO^3+75\ Aq.)+125\ Aq.$	- 733	$(Na^2O,SO^3+75\ Aq.)+(H^2Cl^2+25\ Aq.)$	-2730
$(H^2Cl^2+25\ Aq.)+175\ Aq.$	+1606	$(Na^2O,SO^3+H^2Cl^2+100\ Aq.)+300\ Aq.$	+ 308
Mélange.....	-3270		
Somme	-2397		-2422
$(Na^2O,SO^3+75\ Aq.)+325\ Aq.$	-1011	$(Na^2O,SO^3+75\ Aq.)+(H^2Cl^2+25\ Aq.)$	-2730
$(H^2Cl^2+25\ Aq.)+375\ Aq.$	+1744	$(Na^2O,SO^3+H^2Cl^2+100\ Aq.)+700\ Aq.$	+ 664
Mélange.....	-2747		
Somme.....	-2014		-2066

Digitized by Google

Les différences des résultats obtenus dans les deux séries, sont entièrement négligeables et rentrent complétement dans la limite des erreurs probables. Il me suffira, en effet, de remarquer que la différence de 54 calories entre les résultats des deux dernières observations, portant sur une dissolution dont le poids moléculaire est de 14615, correspond à une différence de température de 0°,004 à répartir sur les déterminations des chaleurs dégagées dans cinq réactions différentes.

Je crois donc pouvoir conclure de là, que l'état de combinaison des sels contenus dans une dissolution est invariable, et que cet état se produit immédiatement et définitivement au moment même où se fait le mélange ou la dilution. Cette conclusion, du reste, est corroborée par le fait que j'ai signalé au commencement de ce mémoire, de l'invariabilité du volume d'une dissolution comparé immédiatement après sa préparation ou après plusieurs jours, et par cette autre observation que j'ai faite dans toutes mes expériences, que l'équilibre de température, après que l'on a mélangé deux dissolutions, s'établit aussi rapidement que lorsqu'on mélange deux masses d'eau à des températures différentes.

Digitized by Google

NOTE

SUR

LES DERNIÈRES AURORES BORÉALES

La magnifique Aurore boréale, qui a fait son apparition dans la soirée du 24 octobre 1870, n'est peut-être comparable, par son éclat et son étendue, qu'à celle de la nuit du 28 au 29 août 1859. Il est inutile d'entrer dans les détails du phénomène qui sont toujours les mêmes, à quelques légères différences près. Les perturbations qu'éprouvent les aiguilles de boussole, la présence de courants électriques intenses dans les fils télégraphiques, accompagnent toujours de la même manière l'apparition des Aurores boréales. Soit dans son apparence, soit dans les phénomènes qui lui sont concomitants, l'Aurore boréale est donc bien un météore dû à des décharges électriques qui s'opèrent dans les régions supérieures de l'atmosphère, complétant leur circuit à travers le globe terrestre lui-même.

Si je fais un rapprochement entre l'Aurore boréale du mois d'août 1859 et celle du 24 octobre 1870, c'est que non-seulement elles sont remarquables, comme je l'ai dit, par leur éclat et leur étendue, mais c'est que toutes les deux sont apparues après un été d'une sécheresse extraordinaire dans toute l'Europe, et pendant lequel il y a eu un nombre excessivement petit d'orages. Or, voici ce que je disais dans ma Notice sur l'Aurore du 28 au 29 août 1859 [1].

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1859, tome VI, p. 49.

Digitized by Google

..... « Il me semble que c'est (l'apparition de l'Aurore) une conséquence naturelle de la grande sécheresse qui a régné cet été (1859), dans toute l'Europe. L'absence presque complète d'humidité dans l'air, a empêché que l'électricité positive accumulée dans les régions supérieures de l'atmosphère, par les vapeurs qui y arrivent constamment de l'équateur, pût se neutraliser directement en plus ou moins grande proportion, avec l'électricité négative de la terre; c'est ce qui fait que pendant tout l'été il n'y a presque point eu d'électricité dans la partie de l'atmosphère la plus voisine de la terre, et que les orages, malgré la chaleur, ont été assez rares. L'électricité accumulée n'ayant donc pu, qu'en proportion infiniment faible, s'écouler verticalement pour ainsi dire, vers la terre, il en est résulté une décharge vers le pôle nord beaucoup plus intense. »

Ce passage peut s'appliquer exactement à l'Aurore d'octobre 1870.

La quantité totale d'électricité qui s'accumule dans les régions supérieures de l'atmosphère, est probablement toujours sensiblement la même; elle se neutralise avec la négative restée dans le sol, tantôt directement lorsque l'atmosphère est humide, tantôt sous la forme d'Aurore polaire; quand par défaut d'humidité, la neutralisation directe fait défaut, la neutralisation dans les régions polaires prend de beaucoup plus grandes proportions; le nombre, mais surtout l'intensité des Aurores devient beaucoup plus considérable, et c'est ainsi que l'équilibre électrique de notre planète est constamment rétabli.

Plusieurs savants estiment que l'apparition des Aurores polaires est soumise à une loi de périodicité qui serait la même que celle qui régit l'apparition des taches

Digitized by Google

solaires et celle des perturbations magnétiques. La liaison entre l'apparition des Aurores boréales et celle des perturbations magnétiques est toute naturelle, car l'un des phénomènes est la cause de l'autre, et l'on est parfaitement certain maintenant que, dès qu'il y a perturbation magnétique, il y a une Aurore visible ou non visible à l'endroit où l'on observe la perturbation; ces deux phénomènes n'en font donc plus qu'un seul. Le rapport qui existe entre eux et les taches solaires est moins facile à comprendre; il se lie à la question de périodicité.

Il ne paraît y avoir aucun doute que la présence en plus ou moins grande abondance de taches sur notre disque solaire ne soit soumise à une loi de périodicité qui embrasse une période de 10 à 11 ans. Quelques astronomes, entre autres M. Lamont, admettent que les perturbations magnétiques sont soumises à la même loi. M. Airy, qui fait sur ce sujet, depuis un très-grand nombre d'années, des observations aussi multipliées que précises, conteste l'existence de cette périodicité pour les perturbations magnétiques. Dès lors il serait difficile de l'admettre pour les Aurores polaires dont les perturbations magnétiques sont la plus sûre manifestation. Toutefois, il semble assez bien établi qu'il y a des époques où il y a des apparitions plus fréquentes des Aurores polaires que dans d'autres, surtout pour les basses latitudes.

Il y a donc là un point important à éclaircir; ce n'est qu'avec le temps et au moyen d'observations faites d'une manière régulière et recueillies avec soin, qu'il pourra l'être complétement.

A. DE LA RIVE.

Digitized by Google

NOTES

SUR

LE PROBLÈME DE LA VARIATION DU CLIMAT

PAR

M. L. DUFOUR

Professeur de Physique à l'Académie de Lausanne.

(*Bulletin de la Société vaudoise des Sciences natur.*, tome X, 1870.)

Dans ce mémoire, l'auteur examine quelques-unes des raisons qui peuvent être invoquées soit pour établir la constance, soit pour établir la variabilité du climat. Il s'agit d'ailleurs uniquement des temps historiques, spécialement des derniers siècles.

I.

Les indications fournies par le thermomètre sont trop peu anciennes pour permettre de résoudre le problème de la variabilité du climat. M. Glaisher, résumant des observations anciennes d'environ un siècle et demi, est arrivé récemment à admettre que la température moyenne subit, en Angleterre, une faible augmentation.

Il trouve :

	Température moyenne
de 1770 à 1800	8°,72
1800 à 1829	9°,17
1830 à 1860	9°,44

D'une autre part, M. Dove trouve que la température moyenne de Berlin, déduite de la période 1848-1865, se

Digitized by Google

trouve être la même, à 0°,01 près, que la température moyenne déduite de 137 années. — Suivant M. Loomis, la température moyenne de New-Haven, résultant des observations de 1778-1820, est 7°,60. Cette même température moyenne, recherchée avec les observations de 1821-1865, est 7°,52.

Il ne faut pas oublier que ces comparaisons, entre les observations faites à diverses époques, sont inévitablement accompagnées d'une assez grande incertitude. Les instruments employés à diverses époques ont changé, et n'ont pas été exactement contrôlés; leur installation n'a pas été toujours la même, ainsi que les heures d'observations, etc., etc.

L'auteur donne ensuite quelques renseignements plus détaillés sur les anciennes observations météorologiques faites en Suisse, et il signale spécialement celles de Genève et de Bâle. — Les observations de Genève ont fait l'objet d'une Note de M. Marcet, dans la *Bibl. univ. de Genève* 1848. Elles ont commencé en 1768, par les soins de De Luc; mais c'est depuis 1826 seulement qu'elles se poursuivent dans des conditions vraiment *comparables* et avec une grande régularité, à l'observatoire astronomique.

« A Bâle, on possède une série d'observations de J.-J. D'Annone, de 1755-1804. Ces observations auraient une valeur inestimable si l'on ne demeurait pas dans le doute quant aux instruments employés, à leur installation, et aussi à cause des lacunes qui se trouvent dans les registres. En tenant compte des heures d'observations, autres que celles usitées aujourd'hui, et en cherchant à déduire des chiffres de D'Annone la température moyenne, on trouve :

Digitized by Google

pour les 17 premières années : 9°,9
pour les 16 années suivantes : 10°,7
pour les 16 années dernières : 11°,2

« Une autre série, de 1784-1799, du docteur A. Socin, a été calculée par M. le professeur Mérian. La moyenne qui en est déduite est 9°,6. — La moyenne actuelle (9°,5) de Bâle diffère très-peu de ce dernier chiffre, et de la première série de D'Annone. — En tous cas, il n'est pas possible de tirer aucune conclusion de ces données quant à la variation ou la permanence du climat, à cause de l'incertitude qui règne quant au degré d'exactitude des instruments employés anciennement. »

II.

Dès que l'on veut étendre le problème de la constance ou de la variabilité du climat aux époques antérieures au XVIIIme siècle, on est obligé d'avoir recours aux notions que nous fournissent les plantes et les animaux, ainsi que l'extension des glaces et des neiges dans les montagnes. L'auteur rapporte quelques-unes des observations qui, à ce point de vue, ont été faites ou se font encore en Suisse. Il rappelle entre autres les mémoires un peu oubliés de Venetz (1821) et de Kasthofer (1822). L'un et l'autre établissent que la végétation en général, et la végétation forestière surtout, s'étendait autrefois plus haut sur les flancs des Alpes. Venetz n'hésite pas à croire à un refroidissement du climat de nos contrées dans les derniers siècles. Kasthofer est moins précis dans ses conclusions ; il paraît admettre plutôt une variation dans le régime des vents.

Cette question d'un affaiblissement de la végétation dans les régions élevées des Alpes ayant une très-grande importance, M. Dufour cite sur ce point l'opinion de

Digitized by Google

quelques hommes compétents, botanistes ou forestiers connaissant très-bien les Alpes.

« M. J. Muret m'a dit avoir constaté, plus d'une fois, des traces de forêts qui ont dû être jadis vigoureuses à une distance assez grande de la limite actuelle des arbres. Des traces et des débris se rencontrent là où il n'y en a plus aujourd'hui, et à quelques centaines de pieds plus haut que les forêts actuelles. Dans les gorges d'Allesses, entre la montagne d'Erbignon et la montagne d'Allesses (Valais), il y a encore actuellement des traces sûres et bien marquées d'une forêt de *Pinus cembra*, à une hauteur qui dépasse d'au moins trois cents pieds la région où commence la végétation de cet arbre. Les plantes dont on voit ainsi les restes ont péri depuis un ou deux siècles, peut-être davantage. Dans le cas particulier, les circonstances sont telles que la disparition des pins les plus élevés ne peut pas s'expliquer par l'extension des pâturages.

« M. Muret m'assure que, dans les Alpes, on trouve en grand nombre des exemples analogues à celui qui précède, et il a vu bien des cas où la disparition des forêts, dans les hautes régions, ne peut s'expliquer ni par le feu, ni par l'agrandissement des pâturages. Il reconnaît cependant que le désir d'étendre les pâturages a certainement été parfois la cause d'une destruction des forêts élevées. »

« M. Coaz, inspecteur forestier des Grisons, a bien voulu m'écrire, sur la question présente, l'intéressante lettre qui suit :

«..... On peut affirmer d'emblée, comme fait indubitable, que dans un très-grand nombre de lieux la limite de la végétation forestière s'est abaissée dans nos montagnes. Kasthofer, dans son mémoire, indique par leurs

Digitized by Google

noms plusieurs de ces lieux, surtout dans l'Oberland bernois. Quoique peut-être tous les exemples cités par ce naturaliste ne soient pas également bien établis, on peut cependant dire que son assertion est vraie, d'une façon générale. Un voyage dans notre canton montrerait en grand nombre des limites de forêts qui sont actuellement d'une centaine ou de plusieurs centaines de pieds inférieures à quelques arbres encore isolés, à des racines ou à des troncs morts, restes de forêts anciennes. De même, des terrains marécageux, plus élevés que nos forêts, renferment en foule des fragments d'arbres et des débris ligneux. Ces derniers peuvent, il est vrai, être là depuis des milliers d'années, car ils se trouvent dans un milieu qui les conserve ; mais pour les premiers faits cités, on ne peut attribuer aux restes visibles de ces anciennes forêts qu'une antiquité d'un petit nombre de siècles au plus.

« Vouloir chercher encore de nouvelles preuves de cet abaissement de la limite des forêts dans les Alpes, me semblerait vouloir porter de l'eau dans la mer.

« En général, cet abaissement est plus considérable sur le versant sud que sur le versant nord. Pour divers motifs d'ailleurs, les versants sud sont généralement moins recouverts que les versants plus frais du nord.

« Quelles sont les causes de cet abaissement de la végétation forestière ? Comme cause immédiate de ce fait regrettable, on doit indiquer, suivant mon opinion, nos méthodes de cultures alpines. Les populations alpestres n'ont eu, jusqu'ici, aucun soin de leurs forêts. Elles n'ont pas songé à entretenir le terrain dans le voisinage des habitations ; mais se sont surtout préoccupées d'agrandir le plus possible les pâturages. Comme les pâturages sont généralement au-dessus des forêts, on a attaqué en pre-

Digitized by Google

ler en ne conservant que quelques arbres isolés, les « Wettertannen » pour protéger le bétail. Là où les arbres n'ont pas été coupés, ils n'ont pas pu se reproduire et la forêt n'a pas pu se maintenir, parce que les pieds du gros bétail et la dent des chèvres et des moutons ont empêché le développement des jeunes pousses. Les forêts qui ont particulièrement souffert ainsi sont certaines forêts de refuge (Schneeflüchten), où l'on chasse les bestiaux pour les garantir durant les temps de neige.

« Les propriétaires de forêts ne se croyaient d'ailleurs guère obligés à protéger les forêts supérieures. Rarement on songeait à prendre des mesures pour protéger ces limites élevées, et encore moins songeait-on à les rajeunir et à les renouveler. Elles étaient trop éloignées pour que les propriétaires pussent en tirer personnellement parti d'une façon profitable (sauf pour les habitations alpestres) ; tandis que le commerce des bois ne recula pas toujours devant ces défrichements un peu lointains, et il abattit, sans précautions, ces forêts élevées.

« Dans beaucoup d'endroits, le feu a été employé pour détruire ces bois, tantôt pour gagner le terrain au profit des pâturages, tantôt par simple négligence.

« Enfin, il y a bien des phénomènes naturels qui viennent concourir à cette œuvre de destruction : les éboulements de terrains, les chutes de pierres, les avalanches viennent entamer plus ou moins fortement les lignes supérieures des forêts.

« Les destructions partielles de forêts, soit qu'elles résultent de l'action de l'homme, soit qu'elles aient été produites par des accidents de terrain, deviennent une cause d'affaiblissement pour les portions restantes qui

Digitized by Google

sont ainsi davantage exposées aux attaques du vent et des intempéries.

« Comme conséquence de tout cela, le climat lui-même a dû se détériorer, au moins localement et relativement à la végétation forestière; la température a dû varier entre des maxima et des minima plus éloignés, et présenter des variations locales plus brusques. — Par suite, on ne peut pas être très-étonné si la végétation forestière, déjà assez misérable dans ces limites élevées, est devenue plus misérable encore; si la forêt finit par succomber peu à peu dans la lutte que lui font l'homme et les circonstances naturelles défavorables; si certaines alpes deviennent plus *sauvages* (comme le disent les montagnards), et si les troupeaux que peuvent nourrir les pâturages deviennent moins considérables. Ce dernier mal, d'ailleurs, est aggravé par les soins malentendus donnés aux pâturages et par la négligence qui préside à leur conservation.

«.... Sans pouvoir soutenir que les conditions climatériques n'ont pas changé dans nos Alpes depuis quelques siècles, je crois qu'on ne peut pas considérer ces changements comme démontrés; car des observations météorologiques assez anciennes pour asseoir une pareille conclusion n'existent pas. »

« M. Théobald, le savant naturaliste que la science a perdu récemment, après avoir décrit [1] l'aspect que présentent les derniers représentants de la végétation arborescente dans les Alpes, ajoute :

«..... Mais bien plus haut encore, sur des croupes et des bancs de rochers dépouillés, on voit souvent de grands arbres morts, dont les branches décharnées res-

[1] *Annuaire du Club alpin suisse* pour 1868.

Digitized by Google

semblent aux bras d'un squelette. Quelle est la cause qui, de nos jours, empêche ces mêmes arbres de se développer à cette altitude ? La réponse habituelle est que les pâturages alpins se trouvent aujourd'hui dans des conditions plus défavorables qu'autrefois, parce qu'il y règne un climat plus rude. Mais ce changement dans le climat n'est pas la véritable cause; il est, au contraire, le résultat de la destruction des forêts; car, sans l'intervention de l'homme, celles-ci auraient été amplement de force à résister au climat des hautes régions, comme c'est le cas partout où on les traite avec ménagement. »

Et plus loin : « ..... On trouve dans les tourbières de l'Albula, à 2030 mètres de hauteur, de grands troncs de sapin ainsi que des bouleaux munis de leur écorce; sur le col de la Bernina, à 2050 mètres et plus, apparaissent des traces analogues d'une végétation antérieure; on voit sur le Flüela, à une grande hauteur, de vieux arbres desséchés; à Arosa, des troncs d'arbres; à Valetta, près Samaden, et au lac supérieur du Schafthal, de longues tiges de sapin au milieu des galets. Dans toutes ces localités, et dans plusieurs autres que nous pourrions citer, il ne croît plus un seul arbre. »

« M. le botaniste L. Leresche m'écrit sur ce sujet: « C'est un fait incontestable que partout, dans les Alpes, la zone forestière des conifères est en voie de dépérissement à sa limite supérieure. Quarante ans de voyages dans les Alpes me l'ont constamment démontré. Partout, des cadavres de sapin d'une grosseur respectable, couchés ou encore debout, se voient là où il n'en croît plus de jeunes de nos jours. Un peu plus bas, ceux qui vivent encore crevottent. — Ce fait est également vrai du cembre (*P. cembra*), du mélèze (*P. Larix* soit *Larix europea*)

Digitized by Google

et du sapin rouge (*P. abies*) qui sont les espèces qui, chez nous, croissent le plus haut. Cet abaissement est d'au moins deux ou trois cents pieds. Il est trop général et se remarque à de trop grandes distances pour pouvoir être attribué à des causes locales. Des déboisements imprudents le hâtent et l'augmentent sans l'expliquer suffisamment. »

Après avoir rapportés les faits qui sont à la base du débat, M. Dufour ajoute les remarques suivantes :

« Les détails renfermés dans les §§ qui précèdent ne laissent guère de doute sur le fait que la limite des forêts, en beaucoup de lieux de nos Alpes, est actuellement plus basse qu'elle ne l'était jadis. La vigueur et la prospérité des hauts pâturages paraissent avoir diminué également. Cette modification, intervenue dans les derniers siècles, est-elle sûrement et uniquement le fait de l'homme, ou bien peut-on y voir, partiellement au moins, la conséquence d'une modification dans le climat alpestre ?

« Cette question est fort difficile à cause du grand nombre de facteurs qui, directement ou indirectement, peuvent exercer leur part d'influence sur la prospérité de la végétation dans les hautes montagnes. Il est hors de doute que des déboisements inconsidérés ont, dans un grand nombre de lieux, détruit des forêts anciennes et que, par une négligence extrême, ces forêts ne sont pas remplacées. Il est certain également que l'amélioration des routes et des chemins de montagne, venant faciliter les transports, a activé cette exploitation de la zone forestière. — On peut admettre aussi que la coupe d'une forêt, en transformant le sol, peut rendre plus défavorable la position d'une forêt inférieure qui subit alors les effets des glissements de terrain, des avalanches, des éboulements

Digitized by Google

pierreux, etc. On sait d'ailleurs que la diminution des végétaux arborescents, dans un pays, peut avoir pour conséquence une modification d'une partie au moins de ces conditions climatériques. Le régime des pluies y est un peu changé en ce sens que l'eau du ciel y tombe par plus grandes masses à la fois, s'y distribue autrement durant l'année et donne aux cours d'eau le caractère torrentiel. En outre, la température oscille entre des maxima et des minima plus prononcés.

« Toutes ces circonstances suffisent-elles pour rendre compte du fait signalé, l'abaissement de la limite supérieure de forêts dans les Alpes ?

« Le problème est évidemment trop compliqué pour qu'on puisse lui donner une solution certaine. Il me semble toutefois que, si les motifs généralement donnés pour établir l'intervention fâcheuse de l'homme s'appliquent incontestablement à un grand nombre de cas, on ne saurait soutenir qu'ils rendent compte de tout. Il y a une différence à faire entre la disparition de forêts qui ont été exploitées et qui n'ont pas été remplacées, et ces débris végétaux (troncs desséchés, racines enfouies, etc.) qui se rencontrent au-dessus de la limite où, aujourd'hui, s'arrête la zone forestière, et à une altitude où, dans les circonstances actuelles, les plantes arborescentes ne paraissent pas pouvoir prospérer [1].

[1] A côté de ces faits relatifs aux Alpes, il est intéressant de rappeler ce que dit K. Müller de la disparition de quelques végétaux dans le Nord :

« D'après Mokay, le Pin Sylvestre (*P. sylvestris*) s'éteint complète-
« ment en Irlande, où autrefois il formait de belles forêts.

« En Islande, le bouleau formait autrefois des forêts qui se faisaient
« remarquer par la beauté de leurs arbres, elles disparaissent à vue

Digitized by Google

« Le témoignage de botanistes compétents, comme MM. Muret et Leresche, laisse subsister des exemples d'abaissement de la zone forestière là où l'intervention de l'homme paraît avoir été nulle.

« On peut remarquer d'ailleurs que, ici comme dans beaucoup d'autres circonstances, on risque de juger avec trop de sévérité le temps actuel en le comparant aux temps plus anciens. Il n'est certes point sûr que nos ancêtres fussent beaucoup plus soucieux que nous de la conservation de leurs forêts ou de la fertilité de leurs pâturages; ils avaient des habitudes semblables à celles d'aujourd'hui; ils élevaient des bestiaux et tâchaient sans doute de tirer le meilleur parti possible des ressources naturelles au milieu desquelles ils vivaient, sans songer, plus que nous, à rajeunir les forêts, à préserver les jeunes taillis de la dent des moutons ou des chèvres, à réparer par l'engrais la vigueur des pâturages [1].

« d'œil. Le même arbre existait autrefois dans les îles Shetland, d'où « il a complétement disparu.

« Dans la Laponie, on trouve des forêts de bouleau qui meurent « sur pied. On voit leurs troncs blancs et leurs branches mortes s'éle- « ver en l'air comme des squelettes. »

(Dr K. Müller : *Das Buch der Pflanzenwelt*, I, p. 50.)

[1] « L'amoindrissement des pâturages élevés, qui paraît un fait si général dans nos Alpes, peut être la conséquence de plusieurs causes, parmi lesquelles on a indiqué, avec beaucoup de raison, l'appauvrissement du terrain. On emporte, sous forme de foin, ou sous forme de produits des bestiaux, les substances mêmes que le sol possède. A la longue, le sol finit par ne plus posséder les matériaux, spécialement les sels inorganiques, nécessaires à la formation du tissu végétal; il devient stérile. Pour lui conserver sa fertilité, il faut évidemment lui rendre sous une forme convenable, ce qu'on lui enlève, il faut lui fournir un *engrais* et le traiter comme on traite les prairies ou les champs de la plaine. C'est ce point de vue réparateur que poursuit, on le sait, avec énergie, depuis quelques années, la société pour l'*Alpenwirthschaft*.

« Est-ce que la diminution de vigueur des pâturages alpins est due

Digitized by Google

« A une époque fort reculée et que nous ne saurions fixer, les seules ressources de la nature ont permis aux forêts d'atteindre les points élevés où se retrouvent encore aujourd'hui des débris ligneux. Pendant bien des générations arborescentes, ces hautes forêts se sont main tenues au milieu de circonstances climatériques qui permettaient aux graines de germer et aux jeunes rejetons de devenir des arbres vigoureux. Les forêts élevées se sont conservées et reproduites longtemps, indépendamment de l'intervention de l'homme, quoiqu'elles fussent exposées, alors comme aujourd'hui, à bien des influences antagonistes.

« Si, actuellement, la limite de la végétation forestière s'abaisse, il ne suffit donc pas, pour expliquer cet abaissement, de constater que les *soins* de l'homme font défaut. Pour que l'homme ait été et continue à être la seule cause de cet amoindrissement de la haute végétation, il faut autre chose que sa *négligence :* il faut qu'il ait détruit des arbres des stations élevées et, qu'en outre, il continue à *empêcher* par un moyen ou par un autre, la forêt de se propager de nouveau, de bas en haut, comme elle s'était sans doute propagée dans l'origine.

« Il me paraît qu'une explication suffisante de cet amoindrissement de la végétation dans les hautes Alpes est encore à trouver. — Les faits connus sont malheureusement trop peu précis; ils n'ont pas assez le carac-

uniquement à cet appauvrissement naturel du sol, ou bien cet appauvrissement n'est-il qu'un facteur agissant en même temps que d'autres? Dans le doute, et eu égard à l'importance dans tous les cas très-grande du facteur qui vient d'être indiqué, on doit, ce me semble, donner plus d'importance à l'amoindrissement des forêts qu'à celui des pâturages, dans la discussion du problème climatologique. »

Digitized by Google

tère de données scientifiques. Pour divers motifs, et entre autres à cause du temps prolongé durant lequel ces faits se développent, on n'est pas sûr de les apprécier exactement et de juger, comme elles doivent l'être, les circonstances compliquées au milieu desquelles ils se produisent.

« Ce serait dépasser ce qui peut légitimement se déduire des phénomènes connus que de conclure, avec sûreté, à une modification du climat. D'une autre part, les considérations tirées de l'intervention fâcheuse de l'homme ne paraissent pas suffisantes, et malgré l'opinion des auteurs distingués cités plus haut, j'avoue que la question climatologique me semble demeurer ouverte.

« L'étude soignée des limites de la végétation dans nos Alpes, de la limite des forêts et des pâturages, présente évidemment un très-grand intérêt. Il faudrait étudier d'une façon minutieuse les cas, assez nombreux, où l'on trouve des traces et des débris de végétaux arborescents au-dessus des lieux où ces végétaux s'arrêtent aujourd'hui ; il faudrait voir, dans chaque cas particulier, si cette disparition peut s'expliquer par l'extension donnée aux pâturages, par des éboulements pierreux recouvrant la terre végétale....; si les débris paraissent être les restes d'une destruction par le feu, s'ils proviennent d'individus jeunes ou âgés, etc. Dans beaucoup de cas relatifs, soit à la limite des forêts, soit à l'extension des pâturages, on pourrait trouver peut-être des renseignements précieux dans les archives des communes ou des corporations. Quelles que soient les déductions immédiates que l'on puisse tirer de ces recherches, il sera fort utile de noter, avec autant de précision que possible, *l'état actuel* des choses, afin de laisser ce renseignement à ceux qui,

Digitized by Google

plus tard, discuteront les problèmes qui nous occupent aujourd'hui.

« A ces investigations sur la végétation alpestre, au point de vue qui vient d'être indiqué, devraient se joindre des observations précises sur l'état actuel et les limites des glaciers ; car l'extension des glaciers est influencée par des variations, même faibles, des divers éléments du climat, spécialement de la température et de l'humidité.

« Il y a, dans ces études portant sur les limites de la végétation et des glaciers de nos montagnes, un champ de recherches où beaucoup de travailleurs peuvent trouver leur place. On peut recommander ces études à tous ceux, si nombreux chez nous, qu'intéresse la grande nature alpestre ; on peut les recommander spécialement aux membres zélés et actifs du Club alpin suisse. — Que les observations soient bien faites, que les résultats en soient consignés avec précision dans les recueils scientifiques, que ce travail se continue patiemment.. ., et nous laisserons à nos successeurs des matériaux qui, joints aux observations météorologiques ordinaires, permettront de résoudre les problèmes que nous agitons maintenant. »

III.

L'auteur passe ensuite à l'examen et à la discussion d'une question que nous ne ferons que mentionner : *est-il vrai que l'olivier était autrefois cultivé en quelques points des bords du lac Léman,* spécialement à Saint-Saphorin et à Montreux.

Les renseignements recueillis par M. Dufour établissent qu'il y a eu au commencement de ce siècle, à Saint-Saphorin, et qu'il y a encore maintenant, à Montreux, des

Digitized by Google

pieds d'oliviers; mais les recherches auxquelles il s'est livré, et dont il donne les résultats, les informations qui lui ont été fournies par les archives locales l'amènent à ne pas admettre cette prétendue culture productive de l'olivier à une époque antérieure au XVIIIme siècle. Après avoir produit ses informations, il ajoute :

« Les détails qui viennent d'être rapportés aboutissent tous à une conclusion négative. Ils ne constituent assurément pas une preuve complète; mais ces détails me paraissent tels, qu'ils rendent douteuse l'exactitude de l'assertion du *Dictionnaire* de Lavade. Il a pu y avoir autrefois à Saint-Saphorin ou à Chexbres, quelques pieds d'oliviers, comme il y en a eu, nous en sommes certains, au commencement de ce siècle. Ces arbres ont pu périr en 1709 ou 1740 par les hivers rigoureux de ces années-là; mais l'existence d'une culture régulière et productive de l'olivier, d'une dîme de l'huile d'olives n'est, on le voit, point démontrée, et la tradition qui se rapporte à ce fait repose plus probablement sur une erreur. Dans tous les cas, il règne, à cet égard, trop d'incertitudes pour qu'on puisse continuer à citer cette ancienne culture comme une preuve que notre climat a subi de notables changements. »

IV.

« La vigne est cultivée, sur les bords du lac Léman, depuis une époque fort ancienne. La date des premières cultures est difficile à fixer; mais on est certain que cette date n'est pas postérieure au neuvième siècle.

« *Y a-t-il eu jadis des cultures de vigne dans des lieux où il n'y en pas aujourd'hui ?* »

Digitized by Google

Pour répondre à cette question, l'auteur indique un bon nombre de renseignements qui établissent, avec certitude, d'anciennes cultures de la vigne dans des lieux où il n'en est plus question actuellement : ainsi à Cossonay, à Senarclens, à Châtel-Saint-Denis, à Moudon, etc.

Quant à l'importance de ce fait, au point de vue climatologique, M. Dufour dit :

« Cette donnée historique a évidemment de l'intérêt; mais on ne saurait lui accorder beaucoup d'importance dans la question du climat. A une époque où les transports étaient moins faciles et probablement aussi les goûts moins exigeants, on pouvait prendre son parti de récolter un produit de qualité inférieure ou qui n'était bon que dans les années particulièrement favorables. A mesure que les facilités de communications se sont augmentées, il était naturel d'abandonner une culture dont le rendement était incertain ou médiodre. »

V.

« *L'époque de la vendange a-t-elle varié, depuis quelques siècles, dans les vignobles du bassin du lac Léman?* L'époque de la vendange est, on le sait, dépendante d'un certain nombre de facteurs, parmi lesquels les conditions climatériques sont assurément les plus importantes. D'une année à l'autre, cette époque varie beaucoup : plus précoce dans les années chaudes, elle est retardée dans les années froides et humides. Si donc l'on avait la date des vendanges pendant un grand nombre d'années successives et dans un même lieu, cette date, par son changement ou par sa constance, pourrait fournir un renseignement intéressant touchant le climat. Les écarts d'une année à l'autre sont sans doute notables;

Digitized by Google

mais il est évident que si l'on compare les *époques moyennes* d'un groupe un peu considérable d'années, ces époques devront peu varier si le climat lui-même ne varie pas. Inversément, une modification lente du climat, dans un sens ou dans l'autre, devra se faire sentir dans l'époque de la maturité du raisin.

« Il est hors de doute que d'autres facteurs jouent un rôle plus ou moins important dans le choix du moment où se fait la récolte, et ce serait une grave erreur que de le méconnaître. Ainsi, le genre de plant que l'on cultive influe sur le moment de la maturité. Si, dans un vignoble, on introduit de plus en plus un plant précoce, en remplacement d'un plant plus tardif, on verra l'époque moyenne de la vendange avancer dans l'année. L'emploi plus ou moins abondant des engrais et l'espèce d'engrais ont aussi une influence sur le moment de la maturité du raisin.

« Sans méconnaître l'importance de ces divers facteurs, il me semble que leur influence est secondaire, comparée à celle de la variation ou de la permanence du climat, et il y a certainement un grand intérêt météorologique à rechercher qu'elles ont été les dates des vendanges dans les siècles antérieurs. »

Après ces considérations, M. Dufour indique les recherches qu'il a faites pour connaître le moment de la vendange dans les temps anciens, et celles qu'il doit à divers collaborateurs (MM. E. Chavannes, Dr Nicati, Fauquex, Falquier). Les renseignements ont tous été tirés des archives communales.

Dans un tableau étendu, l'auteur donne les dates des vendanges pour quatre localités du versant Nord et Est du lac Léman : Lausanne, Lavaux (Riez), Aubonne et

Digitized by Google

Veytaux. Ces dates remontent à 1480 pour Lausanne, à 1582 pour Lavaux, à 1551 pour Aubonne, et 1742 pour Veytaux [1]. Il y a, dans chaque série, un certain nombre d'années pour lesquelles on n'a pas trouvé de renseignements.

Afin de voir s'il y a eu quelque variation générale et continue de la date de la vendange, et afin d'éliminer les écarts d'une année à l'autre, l'auteur a groupé un nombre d'années un peu considérable, il a cherché la date moyenne de chaque groupe, puis il a comparé ces dates moyennes. Nous donnerons ici, comme exemple, le tableau résumé qui se rapporte à Lavaux. La colonne A renferme la durée totale d'un groupe; B, le nombre d'années dont l'époque de la vendange est connue; C, la date moyenne de la vendange dans le groupe :

PÉRIODES.	A	B	C
1582—1596	15 ans	13 ans	3,1 octobre.
1597—1626	31	22	28,8 septembre.
1627—1656	30	27	4,4 octobre.
1657—1686	30	30	12,0 »
1687—1716	30	30	24,6 »
1717—1746	30	30	24,9 »
1747—1776	30	26	25,5 »
1777—1806	30	30	13,1 »
1807—1836	30	30	16,3 »
1837—1868	32	23	12,4 »
	288 ans	261 ans	

Les résultats consignés dans ces tableaux sont aussi représentés graphiquement par des courbes qui mettent

[1] Le calendrier grégorien ayant été établi dans le pays de Vaud seulement en 1701, toutes les dates antérieures à cette époque ont naturellement subi la correction nécessaire pour qu'elles soient comparables aux dates actuelles.

Digitized by Google

bien en évidence ce qu'a été la variation de l'époque de la vendange dans les quatre localités indiquées.

L'examen du tableau détaillé, des divers résumés et des courbes, amène l'auteur à présenter un certain nombre de remarques ou de conclusions que nous reproduisons en partie :

« Les vendanges les plus précoces ont été, pour Lausanne, celles de 1503 et de 1822 ; on vendangea alors les 16 et 17 septembre ; — pour Lavaux, celles de 1636 et de 1822.

« Les vendanges les plus tardives ont été, pour Lausanne et Veytaux, 1816 et 1698 (11 et 19 novembre) ; — pour Lavaux, 1816 (9 novembre) ; pour Aubonne ; 1698 et 1816. »

« On peut remarquer, en tenant compte de ces divers renseignements, que l'année 1822 occupe le premier rang, comme année précoce, à Lausanne et Veytaux, et le second rang, à Lavaux et Aubonne. En revanche, 1816 occupe le rang le plus extrême, dans les années tardives, à Lausanne, à Veytaux, à Aubonne, et n'est dépassé à Lavaux, sous ce rapport-là, que par 1698. Il est assurément curieux de constater ainsi que les deux extrêmes de précocité et de retard, dans une longue période de trois siècles, se présentent à six années d'intervalle seulement.

« A Lausanne, à Lavaux et à Aubonne, l'époque des vendanges a retardé d'une façon assez considérable dans le courant du dix-septième siècle. Dans la dernière partie du dix-septième, ainsi que dans les deux premiers tiers du dix-huitième siècle, la vendange a été bien plus tardive qu'elle ne l'était dans le seizième siècle ou au

Digitized by Google

commencement du dix-septième. Cette différence est telle que, pour Lausanne, elle représente un retard moyen de dix à douze jours ; pour Aubonne, un retard de 14 à 15 jours; et pour Lavaux, un retard plus considérable encore, de 20 jours environ.

« Dans la fin du dix-huitième siècle, les vendanges ont de nouveau été plus précoces ; mais en demeurant plus tardives qu'elles ne l'étaient un siècle et demi ou deux siècles plus tôt.

« Le siècle actuel présente des vendanges moins tardives que celles de la plus grande partie du siècle passé. Il y a eu surtout quelques dates précoces, à partir de 1850, qui avancent notablement la moyenne des trente dernières années.

« La variation qui vient d'être indiquée, du seizième au dix-huitième siècle, se montre encore dans quelques faits ou quelques rapprochements remarquables.

« A Lausanne, entre 1480 et 1660, les tableaux fournissent 76 années dont la date de la vendange est connue ; sur ce nombre, il y a 25 dates en septembre, c'est-à-dire *une* sur *trois*.

« A Lavaux, de 1557 à 1646, sur 58 années indiquées, on a vendangé 29 fois en septembre, soit *une* année sur *deux*. Les vendanges en septembre deviennent de plus en plus rares vers la fin du dix-septième siècle et, à partir de 1684, elles manquent complétement durant 110 années. Elles sont devenues moins rares dans le siècle actuel.

« En revanche, de 1691 à 1794, c'est-à-dire pendant plus d'un siècle, embrassant presque tout le dix-huitième, on n'a pas vendangé une seule fois en septembre, à Lausanne.

Digitized by Google

« D'une autre part, les vendanges en novembre ne paraissent pas à Lavaux jusqu'en 1675; tandis qu'elles se présentent 28 fois de 1690 à 1790. Elles sont devenues plus rares dans le siècle actuel.

« A Aubonne, sur 99 ans connus jusqu'en 1670, il y a seulement trois vendanges en novembre. Depuis lors, jusqu'à la fin du dix-huitième siècle, sur 105 ans connus, il y a 33 de vendanges en novembre.

« En comparant le dernier tiers du dix-septième siècle et les deux premiers tiers du dix-huitième, on trouve que les dates moyennes de vendange sont demeurées sensiblement invariables durant trois périodes d'environ trente années chacune. Cela semble indiquer une permanence assurément remarquable, durant environ un siècle, des circonstances qui influent sur le moment de la récolte.

« Les données fournies pour Veytaux embrassent une période trop peu étendue pour qu'elles puissent servir à des comparaisons analogues aux précédentes. On peut remarquer cependant que, à Veytaux aussi, la date de la vendange a un peu avancé dans le second tiers du dix-huitième siècle, puis elle a reculé, comme à Lausanne, à Lavaux et à Aubonne dans le premier quart du siècle actuel.

« La variation qui vient d'être mise en évidence pour l'époque de la vendange, du seizième au dix-huitième siècle, est certainement frappante. Il y a, d'une façon générale, un retard du seizième siècle jusqu'à l'époque actuelle. Le retard a été surtout considérable dans le courant du dix-septième siècle, et les vendanges sont demeurées fort tardives dans le dernier tiers du dix-septième et dans la plus grande partie du dix-huitième siècle. S'il s'agissait d'une faible différence ou bien seulement d'une

Digitized by Google

variation constatée durant un petit nombre d'années, ces faits présenteraient une importance médiocre; mais il s'agit ici de périodes fort longues, puisque les divers groupes dont on compare les moyennes sont, pour la plupart, supérieurs à un quart de siècle, et que les comparaisons ont pu porter sur neuf ou dix groupes pareils. »

Pour ce qui concerne Genève, l'auteur a obtenu, de M. Galiffe, des renseignements nombreux sur l'époque de la vendange au seizième siècle, et de MM. Micheli et J. Naville des renseignements sur les vendanges du dix-huitième siècle et du siècle actuel.

Les faits cités par M. Galiffe se rapportent essentiellement à la première moitié du seizième siècle. On vendangeait alors notablement plus tôt que maintenant. Les vendanges au mois de septembre [1], et même dans les premiers jours de ce mois, sont assez ordinaires, et les données relatives à Genève viennent donc confirmer celles qui se rapportent à divers vignobles vaudois.

« La variation qu'à subie le moment de la vendange dans les vignobles du bassin du Léman, entre le seizième et le dix-huitième siècle, est telle, que cette variation paraît accuser une ou plusieurs influences systématiques, influences qui peuvent se chercher dans les causes météorologiques ou bien dans le mode de culture, l'espèce de plant cultivé, le goût, etc. »

Quels sont les changements qu'ont subis le mode de culture et la qualité des plants ?... M. Dufour dit qu'il n'a pu obtenir, sur cette question et pour les vignobles vaudois, que des renseignements incomplets et *très-peu précis*. Il ne

[1] Correction faite du changement du calendrier.

Digitized by Google

lui paraît pas possible de leur donner la moindre autorité dans le débat.— Pour ce qui concerne Genève, M. Galiffe ne pense pas que le retard de la vendange puisse être attribué à une modification du mode de culture ou des plants cultivés, et dans une lettre que publie M. Dufour, il indique les motifs qui lui font admettre cette opinion.

M. Dufour, tout en appréciant les considérations développées par M. Galiffe sur ce point, ajoute que ces considérations ne lui paraissent pourtant pas telles, que le problème puisse être considéré comme résolu. La variation climatologique en est peut-être rendue plus probable; mais cette variation n'est pas encore établie par des preuves suffisantes.

Sur ce point particulier, l'auteur ajoute :

« On a vu plus haut que la vendange a présenté un retard qui est surtout considérable vers la fin du dix-septième siècle. C'est l'époque où sont arrivées chez nous de nombreuses familles du midi de la France, chassées par les persécutions religieuses. Il n'est pas impossible que ces nouveaux-venus, aujourd'hui nos compatriotes, arrivant de contrées où la vigne est très-répandue, aient introduit des procédés de culture différents de ceux qui étaient en usage alors, et que leur intervention, leurs conseils aient fait retarder le moment de la récolte.

« Il y aurait peut-être aussi à tenir compte des goûts et des habitudes, qui ont pu changer suivant les époques, alors même que rien, dans l'ordre naturel, ne venait expliquer ou provoquer ce changement. On a pu, à certains moments, redouter par-dessus tout la pourriture et cueillir le raisin plus tôt, même avant une maturité suffisante. Plus tard peut-être, on a préféré attendre une maturité plus

Digitized by Google

complète, au risque d'avoir une plus forte proportion de raisin pourri.

« Si l'on compare les époques des vendanges à Lausanne et à Veytaux, depuis un siècle, on a précisément un exemple qui prouve l'influence que peuvent avoir les habitudes ou les goûts, variant avec le temps et avec les lieux. — Vers le milieu du siècle passé, on vendangeait à Veytaux, en moyenne, environ dix jours plus tôt qu'à Lausanne. A la fin du siècle et au commencement du siècle actuel, les vendanges, dans ces deux localités, se faisaient à peu près à la même époque. Aujourd'hui, et depuis bien des années déjà, on ne vendange, dans les vignobles situés vers l'extrémité orientale du lac, que plusieurs jours seulement après Lausanne.

« Ces différences sont remarquables dans le courant d'un siècle, et elles ne peuvent pas être attribuées à quelque cause climatologique, laquelle aurait du agir en sens inverse à quelques lieues de distance.

« En présence de la grande complication du problème, en présence de l'incertitude qui règne quant à la part plus ou moins grande qu'ont pu avoir les divers éléments qui influent sur le moment de la récolte, il n'est pas possible d'asseoir, sur ce phénomène du retard de la vendange, une conclusion qui ait un caractère de certitude scientifique, soit quant au changement, soit quant à la constance du climat. »

VI.

Après l'exposition de la discussion des faits qui peuvent servir à élucider le problème de la variation du climat, l'auteur continue comme suit :

Digitized by Google

« Les considérations ou les faits exposés dans les pages précédentes ne permettent assurément pas de donner une solution précise au problème de la constance ou de la variabilité du climat. — On peut cependant rapprocher les résultats qui dérivent des trois ordres de faits étudiés plus haut, et ce rapprochement autorise, ce me semble, les remarques suivantes :

« 1. L'amoindrissement de la végétation, et spécialement de la végétation forestière, dans les hautes Alpes, peut être attribué à diverses causes parmi lesquelles se trouve une variation du climat. Si cette dernière cause est réelle, les faits observés montrent que c'est dans le sens d'une détérioration que le climat a varié.

« 2. Le fait que la vigne était jadis cultivée en plusieurs points de notre pays où, actuellement, cette culture a disparu et où la vigne prospérerait mal, peut être attribué à diverses causes parmi lesquelles se trouve une variation du climat. Si cette dernière cause a réellement agi, cet abondon de la culture de la vigne montre que c'est dans le sens d'une détérioration que le climat a varié.

« 3. La variation de l'époque de la vendange, depuis trois siècles, dans les vignobles du bassin du Léman, peut être attribuée à diverses causes parmi lesquelles se trouve un changement dans le climat. Si ce changement a eu réellement une part d'influence, les comparaisons entre l'époque actuelle et les seizième et dix-huitième siècles indiqueraient une détérioration prononcée du climat dans la seconde moitié du dix-septième et dans le courant du dix-huitième siècle, détérioration à laquelle auraient succédé, depuis environ cent ans, des conditions moins défavorables.

Digitized by Google

4. « Les trois conclusions qui précèdent ne sont point rigoureusement concordantes; mais elles offrent cependant un accord général, en ce sens que toutes aboutissent à faire soupçonner des conditions climatologiques moins favorables actuellement qu'au seizième et au commencement du dix-septième siècle. Cet accord peut être considéré comme une *présomption* favorable à l'hypothèse que le climat a réellement varié.

5. « Les nombreux éléments d'incertitude qui pèsent sur tout ce sujet ne permettent point de considérer la variation du climat comme démontrée. Mais la question demeure incontestablement ouverte, et l'affirmation habituelle de beaucoup de météorologistes de notre temps que « le climat ne varie pas, » n'est, dans tous les cas, pas mieux que l'affirmation contraire, une légitime déduction des faits connus.

« Dans le problème de la variation du climat, on s'inquiète généralement, en première ligne, des conditions de température ; mais il est bien évident qu'une variation importante pourrait être due à un changement qui ne serait que peu ou pas sensible au thermomètre. Ainsi, l'humidité de l'atmosphère, dans l'année entière ou dans une saison seulement, pourrait subir des variations, et ce fait serait probablement une conséquence d'un changement dans le régime des vents, ou le contre-coup d'une modification survenue ailleurs. Si la quantité d'eau qui tombe, ou si seulement la répartition de cette eau durant l'année se trouvait changée, cela modifierait évidemment un caractère important du climat. Quant à la température, une même moyenne pourrait résulter de maxima et de minima plus ou moins écartés.

Digitized by Google

« Il est évident que, dans le problème actuel, la discussion de tous ces points de détail n'est pas possible parce que nous manquons d'observations assez anciennes sur le mouvement de l'air, sur son humidité, sur la chute de la pluie, etc. ; mais il ne faut pas oublier que si des changements sont constatés dans la végétation, si même nous admettons qu'une modification du climat a pu les provoquer, la variation de la température ne doit pas être seule prise en considération. Ainsi, à propos de la végétation dans les hautes Alpes, il faudrait, par une étude analogue à celle qui est essayée dans le chapitre VII, rechercher quels sont les éléments du climat qui influent principalement sur la limite à laquelle s'élèvent tels ou tels arbres. On peut voir, dans la *Géographie botanique* de M. de Candolle, un certain nombre de cas pour lesquels cette étude a pu être faite.

« Si l'on prend garde au fait que la variation d'un seul des éléments du climat est, en définitive, peu probable ; que, s'il y a eu quelque changement, ce changement a eu lieu simultanément, mais peut-être dans une mesure inégale, pour la température, l'humidité, la quantité de pluie, etc. ; si l'on observe que chacun de ces éléments variables agit comme un facteur d'une importance donnée sur les faits à l'aide desquels nous tâchons de sonder ce difficile problème [1] (vigueur de la végétation, époques de maturité, mouvements des glaciers, etc.) ; si l'on remarque enfin que, même avec une variation réelle du

[1] On verra plus loin que, pour ce qui concerne la maturité du raisin, le régime des pluies paraît avoir peu d'importance comparé au facteur température. — Il est certain, en revanche, que la précipitation aqueuse agit comme un facteur très-important dans le phénomène de la haute végétation alpine et dans le mouvement des glaciers.

Digitized by Google

climat, il pourrait se produire une neutralisation dans les effets de ces divers facteurs (ainsi, pour les glaciers, une plus grande humidité peut neutraliser une plus grande chaleur) ;... on apercevra toute la complication extrême de ce problème et l'impossibilité d'asseoir, sur nos données actuelles, des conclusions qui aient quelque rigueur scientifique.

A l'occasion des remarques qui précèdent, et de l'importance du facteur « humidité, » je me permettrai de citer quelques passages d'une lettre que M. A. de Candolle a bien voulu m'adresser sur ce sujet. Quoique M. de Candolle parle surtout de temps beaucoup plus anciens que ceux dont il a été question dans le présent travail, l'opinion de l'illustre botaniste n'en est pas moins intéressante à rapporter ici.

« ..... Il y a, en géographie botanique, des indices d'une certaine diminution de l'humidité en Europe, si ce n'est dans les derniers temps historiques, du moins depuis l'époque géologique tertiaire et même depuis que les glaciers ont disparu de nos plaines.

« Deux faits me paraissent assez significatifs, particulièrement le second. Voici ces faits :

« 1° Les espèces qui vivent dans les eaux douces et dans les marais ou prés humides ont une aire géographique très-vaste. Cela tient probablement à plusieurs causes, par exemple à ce qu'elles ont moins de concurrents ou moins d'ennemis dans ces stations défavorables à la plupart des végétaux et animaux, à ce que les oiseaux aquatiques les transportent aisément, et peut-être à leur ancienneté d'existence. Il est cependant assez naturel de croire que d'anciens marais ou des communications qui

Google

n'existent plus entre les rivières, et des sécheresses moins intenses favorisaient autrefois les plantes de cette catégorie. Leur aire très-vaste étant un fait constaté dans toutes les régions du globe, la plus grande humidité des temps anciens, si elle a influé, aurait été un phénomène général. Ce ne serait pas fort extraordinaire ; car sans entrer dans l'hypothèse d'une diminution de l'eau ou des vapeurs aqueuses de notre globe, il est clair que les montagnes se dégradent et que leur moindre élévation tend à diminuer sur les îles et les continents la chute de la pluie et de la neige.

« 2° Les plaines de la Suisse, de la Gaule, de l'Allemagne et du nord de l'Italie s'étaient couvertes de forêts à mesure que les glaciers se retiraient sur les hauteurs. Il fallait pour cela un certain degré d'humidité (pas trop, ni trop peu), degré qui ne paraît plus exister aujourd'hui; car nous ne voyons guère les terrains vagues se couvrir d'arbres, à moins que l'homme y contribue. Ceci est vrai, en particulier, du midi et du centre de l'Europe. Dans le nord-ouest, l'humidité est encore assez grande. Aussi les forêts s'établissent aisément en Danemark, en Angleterre, etc., tandis que chez nous et en Italie, en France, les terrains dénudés se couvrent plutôt de broussailles épineuses ou de graminées.

« Du reste, la marche des événements physiques et agricoles, depuis l'époque glaciaire européenne, explique et confirme cette manière de voir. La fonte graduelle des grands glaciers a dû produire, pendant quelques siècles ante-historiques, une grande abondance de ruisseaux, rivières, lacs et marais qui ont ensuite diminué. Au commencement de l'époque historique, la Suisse, la Gaule, l'Allemagne et même la Haute-Italie étaient couvertes

Digitized by Google

d'immenses forêts, souvent entremêlées de marécages, dont l'état actuel de la Lithuanie et de l'Ukraine peuvent donner l'idée. Les arbres élevaient et exhalaient une énorme quantité de vapeur qui se trouvait à portée de constituer des nuages et que les vents entraînaient sur les montagnes. L'homme n'a pas cessé ensuite de diminuer les forêts, de diguer les rivières, de creuser des fossés et des rigoles, de saigner les marais et plus récemment de drainer. Sans doute, il a créé quelques canaux d'irrigation, mais c'est seulement dans le midi, et les travaux d'écoulement des eaux dépassent immensément ces opérations d'arrosement. De là un ensemble de causes dont le résultat lent, mais certain, est de diminuer l'humidité des surfaces terrestres en Europe. Je ne dis pas qu'on s'en aperçoive d'un siècle à l'autre. Au contraire, il est probable que les variations de l'humidité d'une année à l'autre, et d'une saison d'une année à la même saison des autres années, masquent la tendance générale dont je parle; mais si l'on considère les temps historiques et ante-historiques dans de longues séries de siècles, l'humidité a probablement diminué. »

« Il n'entre point dans le cadre de ces *Notes* d'examiner les *causes* qui peuvent être invoquées soit en faveur de la thèse du climat constant, soit en faveur de la thèse contraire. Dans cette question d'ailleurs, l'essentiel, pour le moment, est de traiter les points de fait, si difficiles à établir; car là où les faits sont encore douteux, la discussion des causes perd un peu de son intérêt.

« Les données de la géologie fournissent incontestablement la preuve que les climats de notre globe ont été jadis fort différents de ce qu'ils sont aujourd'hui. La

Digitized by Google

cause de ces différences peut être cherchée, et a été cherchée, on le sait, soit dans les phénomènes cosmiques, soit dans les conditions particulières (distribution, proportion des terres et des mers, etc.) qu'offrait alors la surface de notre globe. Mais on dit, avec quelque apparence de raison, que dans les temps où nous sommes et dans une période de quelques siècles, il n'y a aucun changement sensible ni dans la situation de la terre comme corps céleste, ni dans la configuration des terres et des mers, ni dans l'élévation des continents, etc. Cette invariabilité doit avoir pour conséquence l'invariabilité des climats.

« A cette manière de raisonner, on peut opposer, entre autres, les considérations suivantes :

« 1. La constance des conditions d'ordre cosmique, même pendant le court intervalle de quelques siècles, n'est pas absolument certaine. La chaleur émise par le soleil n'est peut-être pas aussi constante que nous le croyons, celle des étoiles non plus. La température de l'espace où notre terre est entraînée, avec tout le système solaire, n'est point nécessairement constante. Sur ces questions-là, d'ailleurs, nos connaissances sont très-incertaines, incomplètes, et l'on ne peut rien affirmer, pas plus dans un sens que dans un autre. — Seulement, il est juste de reconnaître que si des conditions de cet ordre-là changeaient pour notre terre, l'influence s'en ferait sentir partout ; elle serait générale et non point locale. On a vu précédemment (§ 4) que ce qui nous est connu ne permet pas d'affirmer un changement général et systématique des climats sur notre terre, au moins dans les vingt ou trente derniers siècles.

« 2. L'action de l'homme modifiant la surface de la

Digitized by Google

terre peut donner lieu à quelque changement dans le climat. On admet généralement aujourd'hui que la disparition des forêts, par exemple, ou bien des travaux de drainage étendus, peuvent changer les éléments météorologiques. Cette influence demeure sans doute renfermée dans des limites assez restreintes. Le régime des pluies et des vents, l'état habituel de l'atmosphère qui caractérise un pays, dépend, dans une grande mesure, de circonstances lointaines, et les changements que l'homme peut apporter à la surface du sol sont, en définitive, des facteurs très-secondaires comparés aux grands faits (latitude, relief des continents, proximité ou éloignement des mers, etc.) sur lesquels il n'a aucune prise, et qui influent sur le climat.

« Pour ce qui concerne les Alpes, par exemple, il est pour le moins douteux que le déboisement, dans les limites où il a été pratiqué jusqu'ici, puisse être une cause quelque peu importante d'un changement de climat, et je ne saurais partager l'opinion des auteurs qui considèrent ces déboisements comme l'origine d'une détérioration du climat assez grave pour provoquer, à son tour, un amoindrissement de la végétation des hautes régions des montagnes

« 3. Au milieu des conditions en apparence assez constantes du temps où nous vivons, il se produit, pour un même pays et durant des périodes plus ou moins longues, de véritables modifications du climat. Deux années successives où devraient, semble-t-il, se rencontrer les mêmes phases de réchauffement ou de refroidissement, dans une périodicité aussi rigoureuse que la périodicité des causes cosmiques qui les produisent, deux années, dis-je, diffèrent souvent beaucoup l'une de l'autre. Ces

Digitized by Google

différences, nous les rattachons généralement au régime variable des vents ; mais nous ignorons pourquoi ce régime lui-même est si peu constant, et il y a là évidemment un problème encore irrésolu pour la météorologie.

« On sait, grâce surtout aux belles comparaisons de M. Dove, que ces modifications d'une année à l'autre ne sont point générales ; ce qui a lieu dans une contrée est l'inverse de ce qui a lieu dans une autre, et un froid exceptionnel dans une région est compensé, en quelque sorte, par une chaleur exceptionnelle dans une autre. Le rude hiver de 1788, en Europe, avait sa compensation en Amérique où il était relativement doux ; l'hiver de 1830 a présenté un phénomène analogue.

« Mais le caractère particulièrement chaud ou particulièrement froid se maintient souvent, on le sait, pour une même contrée pendant plusieurs années consécutives. On a vu plus haut (§ 7) combien est remarquable, sous ce rapport-là, la série des neuf années que nous venons de traverser. Dans l'état actuel de nos connaissances, il n'est pas possible d'indiquer avec certitude la cause de ces anomalies, ou plutôt de ces *variations*, car ce sont de véritables variations à courte période, si frappantes dans le climat d'une même contrée, et c'est plutôt par hypothèse que par suite d'une constatation des faits qu'on a essayé de les rattacher à des déplacements dans les grandes surfaces de glace des mers polaires, à des changements dans la direction des grands courants marins (Gulfstream), etc.

« Or, puisqu'il y a des variations plus ou moins locales qui embrassent ainsi quelques années, il est fort possible que des variations analogues embrassent des périodes de

Digitized by Google

quelques siècles. — Ces variations prolongées ne seraient pas plus inexplicables pour nous que ne le sont des changements d'une moindre durée dont l'existence est absolument certaine. Rien donc ne doit nous empêcher, ce me semble, d'admettre comme possibles des changements dans le climat d'une *portion seulement* de la surface du globe, changements qui peuvent se maintenir durant un temps plus ou moins long, et se manifester tantôt dans un sens, tantôt dans un autre. — Si ces changements ou ces oscillations à longue période existent réellement, offrent-ils une compensation comme celle que M. Dove a signalée; cette compensation a-t-elle lieu parfois entre l'Europe et l'Amérique comme dans plusieurs des exemples cités par le savant météorologiste ?..... Ce sont là des questions qui ne peuvent que se poser à l'époque actuelle; leur solution est réservée à un avenir probablement assez lointain.»

VII.

Dans la dernière partie de son mémoire, l'auteur examine la question suivante : « Y a-t-il un des éléments « météorologiques qui soit, plus directement que les au- « tres, en rapport avec la précocité ou le retard de la « vendange ? » Afin d'être éclairé sur ce sujet, il a comparé les dates des vendanges (moyenne entre Lausanne, Lavaux et Veytaux) durant les quarante dernières années, avec les températures et les pluies observées. Les observations de Genève, connues avec beaucoup de détail depuis 1826, fournissent les données météorologiques nécessaires.

Nous ne reproduirons pas les détails numériques des comparaisons faites par M. Dufour, et nous nous borne-

Digitized by Google

rons à donner une partie des conclusions qui en découlent :

« La température de l'été et de septembre est bien, d'une façon générale, le facteur qui influe le plus sur le moment de la récolte. On voit, en outre, que cette influence est d'autant plus considérable que la vendange a lieu plus tôt, ou, en d'autres termes, que les années très-précoces sont, sans exception, des années à été et septembre particulièrement chauds. Mais si la température de l'été et de septembre est bien un facteur important, les circonstances du printemps sont loin d'être indifférentes. Les printemps chauds se sont rencontrés dix fois sur onze avec les années précoces, et les printemps froids, six fois sur sept avec les années tardives. Il est donc permis de dire, basé sur l'expérience des quarante dernières années, que la météorologie du printemps permet de prévoir, avec une certaine probabilité déjà, si la vendange sera précoce ou tardive [1].

« Quant à la température de l'hiver qui précède l'année qu'on considère, elle paraît assez indifférente d'après les documents qui précèdent. Pour les années exceptionnellement précoces, toutefois, on peut remarquer que 1834

[1] « M. Dove (*loc. cit.* p. 155) signale déjà l'importance de la température du printemps pour hâter ou pour retarder les diverses phases du développement des plantes. Si l'hiver a été doux, un printemps chaud fournit bientôt aux plantes la somme de température qui leur est nécessaire et qui, habituellement, exige un temps plus long. Il n'est pas nécessaire alors que les mois d'été soient supérieurs à leur température moyenne pour qu'on voie se produire des phénomènes de floraison ou de maturité hâtives. En 1822, les mois d'août et de septembre ont été un peu plus froids que la moyenne; mais l'hiver et le printemps avaient été extrêmement doux, et la maturité des fruits, en automne, s'est trouvée exceptionnellement précoce. »

Digitized by Google

et 1846 ont été précédées d'hivers fort doux. Il y a longtemps déjà que M. Dove a signalé cette douceur des hivers avant les années remarquables par leur précocité de vendange et par la qualité des vins, ainsi 1822, 1819, 1811. L'année 1865 fait exception.

« La chute de la pluie dans l'été ou dans l'année entière paraît moins importante qu'on aurait pu le penser. On voit que, entre les années précoces et les années tardives, il n'y a pas de différence prononcée, soit quant aux jours pluvieux, soit quant à la quantité d'eau tombée. »

Digitized by Google

SUR LA

COULEUR DU LAC DE GENÈVE
ET DE LA MÉDITERRANÉE

PAR

M. J. TYNDALL.

(Traduit du journal *Nature, a weekly illustrated Journal of Science*, 20 octobre 1870.)

J'ai été obligeamment mis en possession de deux bouteilles d'eau de la Méditerranée provenant de la côte de Nice, et je suis redevable à mon ami, M. Soret, de deux flacons d'eau du lac de Genève. L'un et l'autre de ces envois avaient pour objet de me mettre à même d'examiner dans quelle mesure la coloration de l'eau était l'effet de la diffusion de la lumière par les petites particules en suspension, phénomène par lequel la couleur du ciel s'explique d'une façon si plausible. M. Soret a étudié la question avec succès sur le lac de Genève même, et je désirais essayer d'autres méthodes d'expérimentation.

Les flacons, tels que je les ai reçus et sans les déboucher, ont été placés sur le trajet d'un faisceau convergent de lumière électrique. De l'eau optiquement homogène aurait transmis les rayons sans en déceler le passage. Le trajet de la lumière dans une pareille eau serait aussi invisible que dans de l'air optiquement pur. Or le cône lumineux qui traversait le liquide s'est trouvé

Digitized by Google

distinctement bleu dans les deux cas, l'eau du lac de Genève donnant lieu à une couleur spécialement riche et pure. Il existait donc dans le liquide quelque chose qui interceptait et diffusait en plus grande proportion les rayons les plus réfringents du faisceau. Les rayons les moins réfringents étaient aussi diffusés, mais dans une trop faible proportion pour rendre blanche la trace de la lumière. En fait, l'action était identique avec celle du ciel. Analysée par un prisme de Nicol, la lumière a été trouvée polarisée, et la polarisation était à son maximum dans la direction perpendiculaire à celle du faisceau. Suivant cette direction, la lumière était sensiblement complétement polarisée. Un cristal de tourmaline avec son axe perpendiculaire au faisceau lumineux était transparent; avec son axe parallèle au faisceau, il était opaque. En secouant le liquide, on faisait flotter et briller de plus grosses particules. Lorsque la lumière d'un bleu délicat, visible entre ces particules, était éteinte par le prisme de Nicol, les points brillants correspondant aux particules elles-mêmes restaient lumineux dans le champ obscur. Une plaque concave de sélénite placée entre le prisme et l'eau faisait apparaître un système d'anneaux vivement colorés. Ces anneaux avaient le plus d'éclat lorsqu'on regardait dans une direction perpendiculaire au faisceau lumineux, de la même manière qu'ils sont le plus brillants aussi lorsqu'on regarde le ciel perpendiculairement à la direction des rayons solaires. Il ne m'a pas été possible de reconnaître de différence entre le bleu de l'eau et le bleu du ciel. La coloration produite par l'eau de la Méditerranée était un bon bleu de ciel, tandis qu'avec l'eau du lac de Genève, on obtenait un bleu égalant celui d'un ciel exceptionnellement pur.

Digitized by Google

Il y a déjà longtemps que les tentatives pour expliquer la couleur du lac de Genève ont excité mon intérêt, et des observations que je fis en 1857 me convainquirent de plus en plus qu'il s'agissait d'un bleu produit par un milieu trouble. Peu de temps après j'écrivis, touchant cette coloration :

« N'est-il pas probable que cette action d'une matière très-divisée peut avoir une influence sur la couleur de certains lacs de la Suisse, de celui de Genève par exemple ? Ce lac n'est autre chose qu'un élargissement du Rhône qui descend de l'extrémité du glacier du même nom. De nombreux torrents se joignent au Rhône pendant son trajet, et ces tributaires, qui presque tous proviennent de glaciers, apportent avec eux la matière très-divisée que la glace détache des rochers en passant sur eux. Des particules de toutes dimensions sont ainsi détachées, et je ne puis m'empêcher de croire que les plus ténues d'entre elles doivent rester en suspension d'un bout à l'autre du lac. Faraday a montré qu'un précipité d'or peut être assez ténu pour qu'il faille un mois avant qu'il soit descendu au fond d'un flacon de cinq pouces de haut ; et, suivant toute probabilité, des *âges* de calme seraient nécessaires pour amener au fond du lac de Genève toutes les particules qui flottent dans ses eaux. Il semble qu'il vaut certainement la peine d'examiner si ces particules en suspension ne contribuent pas à ce magnifique bleu qu'ont admiré tous ceux qui l'ont vu dans des circonstances favorables. »

Les observations de M. Soret et celles que je viens de décrire font de l'hypothèse que j'émettais, il y a trente ans, une vérité aujourd'hui.

Digitized by Google

Mais, s'il est démontré que l'action des particules ténues est une cause suffisante pour produire la coloration bleue, elle n'est pas la seule cause agissante. Le lac de Genève ne présente pas seulement le bleu provenant de la diffusion de la lumière par des particules en suspension, mais aussi le bleu qui est dû à une véritable absorption moléculaire. Effectivement, s'il n'en était pas ainsi, la lumière transmise à travers une colonne d'eau serait jaune, orangée ou rouge, comme la lumière du soleil levant ou couchant. Ainsi, non-seulement la lumière est bleue de fondation dès qu'elle est réfléchie par les particules, mais encore les rayons moins réfrangibles qui accompagnent toujours le bleu sont absorbés dans la transmission de la lumière diffusée. Je considère la couleur bleue exceptionnellement intense, soit de la Méditerranée, soit du lac de Genève comme complétement expliquée par ces deux causes réunies, la diffusion et l'absorption.

En 1869, M. Lallemand a communiqué à l'Académie des sciences de Paris un mémoire intéressant sur les phénomènes optiques que présentent certains solides et certains liquides, lorsqu'ils sont éclairés, comme les nuages *actiniques* dans mes expériences. J'avais, moi-même, en 1868, examiné de cette manière un grand nombre de liquides et de solides, et on peut trouver un résumé succinct de ces expériences à la fin d'un mémoire sur la couleur bleue du ciel et la polarisation de la lumière céleste, publié dans les comptes rendus de la Société royale du 16 décembre 1868 (*Proceedings of the Royal Society*[1]). M. Lallemand admet que la diffusion de la lumière est produite, non par des particules étrangères mais par les

[1] Voyez *Archives*, 1869, tome XXXIV, p. 156.

Digitized by Google

molécules elles-mêmes des liquides sur lesquels il expérimente. D'autre part M. Soret combat cette nouvelle manière de voir et maintient que la diffusion de la lumière est une affaire de particules et non de molécules. Bien que je ne puisse qu'admirer la science et l'habileté du jeune physicien français, je n'hésite pas à me ranger à l'avis de M. Soret, dans cette discussion.

M. Lallemand invoque une cause tout à fait hypothétique, quand il s'en présente une certaine. Il se fonde surtout, pour soutenir sa thèse, sur le verre bien transparent et sur l'eau distillée. Mais la transparence est celle qu'on observe dans la lumière ordinaire du jour, et qui est sujette à erreur. Le verre présente le phénomène de la diffusion à tous les degrés d'intensité. On peut voir des exemples très-beaux de l'action dichroïque du verre chez Salviati, dans St-James Street. Les plats et les vases, qui sont exposés, offrent un magnifique bleu par réflexion et un jaune brunâtre par transmission. Ce changement de couleur est très-frappant, lorsque après avoir vu le bleu, on regarde un nuage blanc à travers ce verre. C'est dans les échantillons où l'opalescence est la plus forte que la lumière transmise, comme on pouvait s'y attendre, est le plus colorée. A partir de ces échantillons où l'ingrédient étranger est introduit intentionnellement, nous pouvons arriver par des gradations insensibles jusqu'au verre de M. Lallemand. La différence entre eux n'est qu'une question de degré. Bien des flacons de notre laboratoire offrent en substance les effets obtenus dans les verres de Salviati. Il nous semble difficile d'attribuer à une action moléculaire, qui est constante, un effet aussi variable que celui-là. C'est aussi un fait significatif que dans des milieux diaphanes, tels que le sel gemme, où la force cristallisa-

Digitized by Google

trice, qui est si puissamment purificatrice, est entrée en jeu, M. Lallemand lui-même a trouvé que la dispersion était *nulle*. Un examen approfondi ferait probablement reconnaître que le sel gemme lui-même n'est pas complétement dépourvu de pouvoir d'illumination. — J'ai eu entre les mains nombre de beaux échantillons de cette substance, sans toutefois réussir à trouver un fragment d'une grandeur quelconque qui en fût tout à fait privé. Le sel gemme transparent produit habituellement un trouble dans la lumière qui ressemble sur une petite échelle à un ciel pommelé. Les échantillons de spath d'Islande que j'ai aussi examinés, ne se sont pas trouvés non plus complétement dépourvus de ce pouvoir diffusif interne.

La manière dont la glace se comporte est instructive pour élucider cette question qui me paraît être d'une grande importance. En général, le faisceau lumineux concentré est aisément visible dans la glace, du moins dans cette saison où la substance offre des symptômes de rupture interne. Dans certains cas, le scintillement de paillettes qui correspondent évidemment à des points de rupture optique, décèle le passage de la lumière. Dans d'autres cas, le trajet du faisceau apparaît bleuâtre, bien que rarement d'un bleu uniforme. En faisant passer un rayon, qui a été préalablement tamisé, à travers de la glace de lac, dans diverses directions, on met en évidence des variations remarquables d'intensité de l'illumination, et on trouve des places où le passage du rayon devient complétement invisible. Le faisceau convergent est quelquefois coupé par un plan transversal, et l'une des moitiés du cône est visible et l'autre invisible. D'autrefois, le cône est coupé par un plan allant du sommet à la base, et l'une des

Digitized by Google

moitiés est semi-lumineuse par l'effet de la lumière diffusée, tandis que l'autre offre l'obscurité de la transparence parfaite. Si la diffusion était moléculaire, elle se produirait partout, et puisque cela n'a pas lieu, elle ne peut être moléculaire. La diffusion est peut-être due, dans la plupart des cas, aux particules ultra-microscopiques, si nombreuses dans l'eau, qui sont prises dans la glace lorsque le gel est rapide. Ce n'est que par un gel excessivement lent, qu'il serait possible d'écarter ces particules de la glace. Des ruptures purement optiques, si elles étaient assez ténues et nombreuses, pourraient aussi produire l'effet observé.

Les liquides que j'ai examinés en 1868, offraient tous, plus ou moins, ces effets de diffusion, et beaucoup d'entre eux, une forte fluorescence. La manière dont se comportaient les liquides non fluorescents où le passage de la lumière se colorait en bleu, ne différait nullement des nuages *actiniques* qui étaient, à ce moment, l'objet de mon étude. J'examinai des eaux de diverses provenances et les trouvai uniformément chargées, non-seulement de particules assez ténues pour diffuser la lumière bleue, mais aussi de particules beaucoup plus grossières. Soumise à l'épreuve du faisceau concentré, notre eau potable ordinaire offre une apparence qui n'est rien moins qu'agréable; certaines des eaux que boivent les habitants de Londres sont excessivement troubles et épaisses. La distillation ne réussit pas à chasser entièrement la matière en suspension. M. Soret a vainement essayé de s'en débarrasser; il en a diminué les effets, mais il ne les a pas annulés. Il y a quelques jours seulement que l'on m'a obligeamment procuré des échantillons d'eau distillée, fournis par quatre des principaux labora-

Digitized by Google

toires de Londres. Quand on les regarde à la lumière ordinaire du jour, ces liquides paraissent, suivant le terme consacré, *transparents comme du cristal;* mais lorsqu'on y fait passer le faisceau lumineux concentré, l'idée de pureté devient tout simplement ridicule. Personne, sans en avoir été témoin, ne s'attendrait au changement opéré par l'illumination concentrée. Il y avait des différences de pureté entre les échantillons, provenant sans doute des différences de procédé de distillation, mais pour un œil capable de distinguer à la lumière ordinaire ce que révélait le rayon lumineux, tous sembleraient de l'eau trouble. J'ai aussi examiné un échantillon d'eau extra-pure, obtenue par la distillation du permanganate de potasse et liquéfiée dans un condenseur en verre. Elle contenait, dans une proportion considérable, des particules en suspension, non de celles qui diffusent la lumière bleue, mais de plus grosses. Ce doit être toujours le cas pour de l'eau distillée dans l'air chargé de particules des villes et recueillie dans des vases salis par leur contact avec cet air. Ces faits justifient amplement les termes par lesquels M. Huxley a qualifié l'assertion qu'il était possible d'obtenir, par ces procédés, des solutions sans particules. Une semblable assertion ne pouvait se baser que sur des observations défectueuses. Dans le numéro du 17 mars, de ce journal (*Nature*), on a décrit une expérience où de l'eau est produite par la combustion de l'hydrogène, et la vapeur condensée sur une surface d'argent de pureté irréprochable. Dans ce cas, bien que les particules flottant dans l'air fussent totalement consumées d'abord, l'eau ne s'en trouvait pas moins passablement chargée de matières en suspension. M. Pouchet a invoqué cette méthode d'obtenir de l'eau, comme produisant la destruction complète

Digitized by Google

des germes, et j avais pour objet, en répétant cett
rience, de montrer les dangers d'erreur des rec
que M. Pouchet et d'autres poursuivaient. Mai
tint pas compte de cet avertissement. Je ne le
pas ici pour augmenter les difficultés d'une positi
samment désastreuse, mais pour mettre sur ses g
néophyte aventureux qui serait disposé à se jet
des recherches où de grands expérimentateurs
ployé toute leur habileté, et lui montrer les pié
l'attendent.

John TYNDAL

Royal Institution, 18 octobre.

Digitized by Google

SUR LA

POLARISATION DE LA LUMIÈRE DE L'EAU

PAR

M. J.-L. SORET

I. — La lumière que renvoient les couches intérieures d'une grande masse d'eau, telle qu'un lac profond, lorsqu'elle est éclairée par le soleil, présente des propriétés de polarisation tout à fait analogues à celles de la lumière du ciel. C'est là un fait que j'avais observé sur le lac de Genève et que j'ai signalé dans une précédente Note [1]. — Mon ami M. le prof. Hagenbach a constaté le même phénomène sur le lac de Lucerne [2]. — Depuis lors j'ai eu l'occasion de répéter mes observations sur d'autres lacs et sur la mer Méditerranée. Les résultats que je vais rapporter s'accordent complétement avec ceux que j'avais obtenus antérieurement.

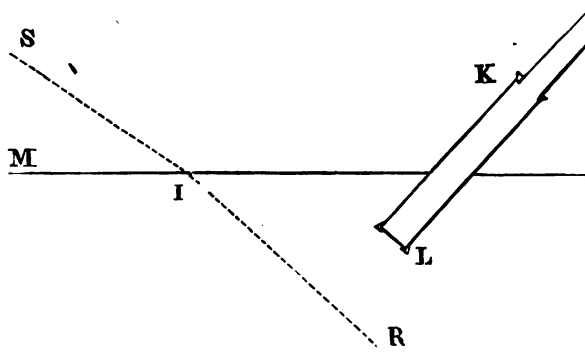
Dans ces nouvelles recherches, je me suis servi de l'appareil très-simple que j'avais déjà employé. Il se compose d'une sorte de lunette OL, dont le tube en fer-blanc, noirci à l'intérieur, de $1^m,05$ de longueur, est formé de deux parties. L'une, LK, est cylindrique et d'un diamètre de $0^m,055$ environ ; l'autre, KO, est un peu conique, de moindre diamètre et plus courte que LK. Les deux pièces se raccordent en K par une vis et un cuir

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 19 août 1869, et *Archives*, mai 1869, tome XXXV, p. 54.

[2] *Archives*, février 1870, tome XXXVII, p. 176.

Digitized by Google

rendant la fermeture hermétique. — Cette divis
tube en deux pièces a pour but de rendre plus co
le transport de l'instrument : en effet, la pièce K



s'ajuster en sens inverse en étant introduite dans
rieur de la partie OL, en sorte que la longueur d
strument démonté n'est plus que de $0^m,55$. — L
de la lunette est fermé en L par une lame de verre
parallèles, monté sur un anneau en laiton qui se v
bout du tube en fer-blanc. Un cuir rend la fer
hermétique, de sorte que l'on peut plonger l'ext
objective de la lunette dans l'eau sans que celle-ci
tre à l'intérieur. — L'oculaire est formé d'un
de Nicol, ajusté à frottement doux en O. On peut
lonté, y ajouter du côté intérieur une lame de quart
qu'on veut obtenir les couleurs de la lumière pol

L'observateur, placé dans un bateau, plonge l
mité L de la lunette dans l'eau, et regarde au trav
Nicol ; il reçoit la lumière de coloration bleue re

Digitized by Google

par les couches inférieures à la surface de l'eau. En tournant le Nicol, ou bien la lunette entière autour de son axe, il peut analyser la lumière et reconnaître si elle est polarisée.

Soit MN la surface de l'eau, et SI un rayon solaire qui se réfracte suivant IR; tous les autres rayons qui pénètrent dans l'eau seront parallèles à IR, si la surface MN est parfaitement unie.

En visant avec la lunette dans une direction perpendiculaire à IR, et en faisant tourner le prisme de Nicol, on reconnaît une polarisation bien marquée dont le plan passe par l'axe de lunette et est parallèle à IR. — La position la plus commode pour l'observation est celle où l'on place la lunette dans le plan d'incidence comme l'indique la figure. Le phénomène se manifeste aussi bien dans d'autres directions perpendiculaires à IR, seulement, l'observation devient de moins en moins facile à mesure que l'on s'écarte du plan d'incidence, parce qu'il faut donner à la lunette une direction se rapprochant de l'horizontale.

En écartant de plus en plus la lunette de la direction perpendiculaire aux rayons solaires réfractés, la polarisation diminue et finit par disparaître complétement. On ne trouve aucune trace de polarisation lorsque l'on vise dans la direction parallèle à IR.

Les conditions pour la manifestation la plus marquée du phénomène sont : 1° que le soleil luise avec éclat : par un temps couvert, il n'y a plus de polarisation ; 2° que la surface de l'eau soit calme : plus elle est agitée, moins la polarisation est marquée parce que les rayons réfractés ne sont pas parallèles ; 3° que l'eau soit profonde : si l'on voit le fond, la polarisation devient beaucoup moins sensible ; 4° que l'eau soit très-transparente : si elle tient en

Digitized by Google

suspension des particules un peu grosses ou trop nombreuses, la polarisation diminue ou cesse de se manifester.

Tels sont les faits que j'avais observés sur le lac de Genève, et qui établissent une analogie remarquable en- e la lumière du ciel et celle de l'eau [1].

II. — J'ai répété ces observations sur le lac de Garde dont l'eau présente une coloration assez analogue à celle du lac de Genève. Quoique le temps ne fût pas parfaitement calme, le phénomène de la polarisation était assez marqué pour mettre son identité hors de doute.

Sur le lac d'Annecy dont l'eau est moins limpide que celle du lac de Genève, et par un temps qui n'était pas très-calme, la polarisation était également bien sensible.

Ces deux observations, jointes à celle de M. Hagenbach sur le lac de Lucerne, tendent à montrer que le phénomène est général pour les eaux douces.

Il en est de même pour l'eau de la Méditerranée.

Dans la rade de Gênes, à 100 mètres environ au delà de la jetée du port, l'eau est encore peu transparente et de couleur verte. En observant en cet endroit (19 avril 1870, entre 9 heures et 10 heures du matin) par un beau soleil et un temps très-calme [2], j'ai reconnu une polarisation bien marquée.

En s'avançant davantage en mer, l'eau devient plus

[1] Le phénomène est cependant un peu moins net avec la lumière de l'eau qu'avec celle du ciel ; j'ai déjà indiqué pourquoi il en est ainsi. (*Archives*, mai 1869, tome XXXV, p. 56.)

[2] Toute l'étendue de la surface de la mer n'était pas unie ; il y avait des places où elle était ridée ; naturellement j'ai fait les observations dans les parties calmes.

Digitized by Google

limpide tout en conservant sa couleur verte; le phénomène de polarisation devient plus prononcé. En dirigeant la lunette verticalement de haut en bas, la polarisation était encore sensible quoique fort affaiblie, puisque cette direction est très-inclinée sur celle des rayons solaires [1].

Le 21 avril 1870 (à 8 $^1/_2$ heures du matin, heure de Rome), à Oneglia, en avant du port où la mer atteint vite une grande profondeur, j'ai pu répéter les observations dans des conditions beaucoup meilleures encore. L'eau était très-calme; à peine était-elle agitée par un peu de houle formant des ondes très-surbaissées et éloignées les unes des autres, mais dont la surface était complétement unie et sans aucune ride. Sa couleur était du plus beau bleu, rappelant beaucoup celle du lac de Genève, mais avec plus de transparence et moins de cette apparence un peu laiteuse que présente le lac dans les endroits profonds. En observant à la lunette, l'intensité de la lumière reçue par l'œil était certainement plus forte que je ne l'ai jamais observée sur le lac. Cet éclat tenait sans doute en partie à la pureté du ciel et à l'énergie de la lumière du soleil; conditions qui, à Genève, se rencontrent rarement par un temps calme. — En même temps la polarisation se manifestait avec une netteté remarquable; en visant dans une direction verticale elle était encore très-franche.

Ainsi l'eau de la Méditerranée présente sous ce rapport les mêmes propriétés que les eaux douces, et je ne

[1] Dans des observations postérieures sur le lac de Genève, faites le matin avant que le soleil fût fort élevé au-dessus de l'horizon, j'ai trouvé aussi une polarisation sensible dans une direction verticale.

Digitized by Google

doute pas qu'il n'en soit de même pour toute masse d'eau limpide [1].

III.— A côté de ces observations faites sur place, j'ai examiné, dans la chambre obscure, à l'aide d'un faisceau de lumière, un assez grand nombre d'échantillons d'eaux de diverses provenances. Ils ont été recueillis pour la plupart dans une série de flacons neufs d'un litre de capacité, bouchés à l'émeri et lavés tous de la même manière, d'abord à l'acide nitrique puis à grande eau. — Pour y introduire le liquide à examiner lorsqu'il s'agissait d'une eau naturelle, on opérait de la manière suivante. Le flacon vide qui avait été maintenu bouché depuis le premier lavage, était plongé dans l'eau, débouché au-dessous de la surface ; lorsqu'il était rempli on rejetait cette première eau, on effectuait un nouveau lavage de la même manière, et on le remplissait définitivement, en ayant toujours soin de déboucher et de boucher sous l'eau pour éviter l'introduction des poussières qui flottent à la surface.

Après avoir rapporté ces flacons dans le laboratoire et les avoir laissé reposer quelque temps, on les plaçait dans la chambre obscure ; on faisait passer dans l'eau qu'ils contenaient un faisceau de lumière solaire ou oxyhydrique qui formait une trace lumineuse plus ou moins visible, provenant dans mon opinion de la réflexion sur les particules solides en suspension.

J'ai décrit dans un mémoire précédent [2] les résultats de

[1] Dans les lagunes de Venise, où l'eau est trouble, je n'ai pu distinguer aucune trace de polarisation.

[2] Sur l'illumination des corps transparents. (*Archives*, février 1870, tome XXXVII, p. 129.)

Digitized by Google

mes observations faites de la même manière sur différents échantillons d'eau dont la plupart avaient subi une purification artificielle. J'avais remarqué en particulier que la trace lumineuse est d'autant moins apparente que les corpuscules en suspension sont plus rares et plus difficilement visibles.

Quelques-uns des échantillons que j'avais précédemment observés ont été comparés avec les eaux naturelles recueillies plus tard, et je vais citer les résultats de ces observations, en faisant remarquer que tous ces liquides sont relativement assez troubles si on les examine peu de temps après qu'ils ont été recueillis ou qu'ils ont été agités de nouveau. Ils se clarifient par un repos plus ou moins prolongé.

L'eau du *lac de Garde* et celle du lac d'*Annecy* se clarifient notablement par le repos; elles présentent alors un grand rapport avec celle du lac de Genève, soit pour la visibilité de la trace lumineuse, soit pour l'apparence des particules visibles en suspension. La couleur de la trace est bleue quand on emploie un faisceau de lumière solaire concentré par une lentille à long foyer.

L'eau du *lac Michigan*, que je dois à l'obligeance de MM. J. Odier et Delafontaine, après un repos prolongé, m'a paru un peu moins claire que l'eau du lac de Genève : la comparaison est un peu difficile, parce que le flacon dans lequel l'eau du lac Michigan m'a été rapportée est d'un verre assez différent de celui des autres flacons. — On distingue de nombreuses particules en suspension.

De l'eau recueillie dans une crevasse (puits) du glacier d'Aletsch [1] donne lieu, même, après un repos prolongé, à une

[1] J'avais espéré pouvoir recueillir de l'eau du Märjelen See et d'en étudier la polarisation sur place ; mais ce lac s'était vidé cette année et n'était plus représenté que par une flaque d'eau bourbeuse.

Digitized by Google

trace plus blanche et beaucoup plus visible que celle des échantillons ci-dessus. Les particules en suspension sont très-nombreuses. Cette eau présente assez de rapport avec de l'eau que j'avais obtenue par la fusion de neige (décrite dans mon précédent Mém., p. 119), et qu'un repos de plus de dix mois ne paraît pas avoir améliorée.

L'*eau de la Méditerranée* recueillie à Oneglia, et qui immédiatement après le voyage contenait assez de particules en suspension, s'est beaucoup clarifiée par le repos. Au bout de quelques semaines de tranquillité, elle donnait une trace lumineuse difficilement visible si le faisceau lumineux n'était pas intense, et d'une belle couleur bleue quand les rayons solaires étaient concentrés avec une lentille. Cette eau était sensiblement supérieure en pureté à l'eau du lac de Genève reposée, elle contenait des particules en moins grand nombre, mais plus grosses, un peu filamenteuses, probablement d'origine organique. Au commencement de septembre dernier, c'est-à-dire plus de quatre mois après qu'elle avait été recueillie, elle avait encore sensiblement la même supériorié. Mais quelques semaines plus tard, elle avait un peu perdu de sa pureté. Ce changement vient probablement d'une modification de substances organiques contenues ou dissoutes dans l'eau de mer [1].

[1] M. Tyndall a aussi examiné et comparé, à l'aide de la lumière électrique, l'eau de la Méditerranée avec celle du lac de Genève (voyez plus haut la traduction de son mémoire, p. 343). Il paraît trouver que cette dernière est plus pure et donne une trace lumineuse d'un plus beau bleu. Je ne suis pas arrivé tout à fait aux mêmes résultats, mais je pense que ces petites différences n'ont pas une grande importance et qu'elles peuvent facilement s'expliquer par le fait, soit de modifications que l'eau subit avec le temps, soit de différences suivant le jour et l'endroit où elle a été prise, etc. Ainsi l'eau du lac de Genève qu'a examinée M. Tyndall, et que j'avais recueillie pour lui, a été prise dans le lac un jour où il présentait une transparence très-exceptionnelle, à la suite d'une période de calme. Il est donc possible qu'elle eût un degré de pureté plus grand que celle qui m'a servi de terme

Digitized by Google

L'eau de la *Mer Rouge*, dont je dois un échantillon à l'obligeance de M. Raoul Pictet, était très-trouble au moment de son arrivée. Elle s'est, à la longue, beaucoup clarifiée par le le repos; il s'est formé au fond du flacon un dépôt d'une couleur brunâtre. Finalement elle est arrivée à un degré de pureté assez voisin de celui de l'eau des lacs [1].

L'eau recueillie dans les *Lagunes de Venise* (près de Porto di Lido, dans un endroit où elle est relativement plus claire que dans le reste des lagunes), était complétement trouble après le voyage. Le repos l'a améliorée, il s'est fait un léger dépôt sur le fond et sur les parois du flacon, ce qui gêne un peu la comparaison avec d'autres échantillons. On reconnaît cependant facilement que la trace lumineuse est beaucoup plus visible que dans les cas précédents; quand elle est produite par un faisceau de lumière solaire concentrée, sa teinte est verdâtre et tout autre que celle des eaux plus pures.

J'ai fait (le 1er septembre 1870) un examen comparatif de ces diverses eaux et de quelques-unes de celles que j'ai précédemment décrites dans mon Mémoire déjà cité, et qui n'avaient pas été agitées depuis plusieurs mois. Je suis arrivé à les ranger dans l'ordre suivant, en commençant par celle qui donne la trace lumineuse la moins visible.

de comparaison. D'autre part, l'eau de la Méditerranée que j'ai examinée a été recueillie dans des conditions remarquablement favorables.

[1] Le fait de la pureté de l'eau de la Méditerranée et de la clarification prononcée que le repos a produit dans l'eau de la Mer Rouge peut être rapproché d'une observation de M. Schlösing, qui a reconnu que la présence de sels en dissolution facilite la précipitation de l'argile. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 20 juin 1870.)

Digitized by Google

1. Eau distillée par évaporation superficielle [1] entre 40 (
2. id. id. id. [2] 100°
3. id. id. id. [3] id.
4. Eau de la mer Méditerranée.
5. Eau du lac de Genève, } presque égales.
6. Eau du lac de Garde, } presque égales.
7. Eau du lac d'Annecy, } presque égales.
8. Eau de la Mer Rouge, } presque égales.
9. Eau du lac Michigan.
10. Eau distillée par ébullition dans un alambic ordinaire un repos de plusieurs mois).
11. Eau des lagunes de Venise (Porto di Lido).
12. Eau de neige [4], } presque égales.
13. Eau du glacier d'Aletsch, } presque égales.
14. Eau qui a été maintenue longtemps à 100° dans un v verre [5].

Pour tous ces liquides, la lumière émise par la présente les phénomènes de polarisation connus.

Deux mois plus tard un nouvel examen portant s échantillons nos 4 à 8, a conduit à les ranger d même ordre, la superiorité de l'eau de la Méditer étant toutefois un peu moins marquée.

On a ensuite agité les flacons et on les a obser nouveau presque immédiatement après; on a trouv dre suivant :

Eau de la Méditerranée, } peu différentes.
Eau du lac de Genève, } peu différentes.
Eau du lac de Garde, } peu différentes.
Eau du lac d'Annecy.
Eau de la Mer Rouge.

[1] Décrite dans mon mémoire, loc. cit. p. 147, sous la lettr
[2] id. id. id. p. 147, sous la lett
[3] id. id. id. p. 147, sous la lett
[4] id. id. id. p. 149.
[5] id. id. id. p. 151.

Digitized by Google

Une nouvelle comparaison faite trois heures après a donné :

Eau de la Méditerranée.
Eau du lac de Garde,
Eau du lac de Genève,
Eau de la Mer Rouge,
Eau du lac d'Annecy,
} peu différentes.

Après dix-huit heures de repos on a trouvé :

Eau de la Méditerranée.
Eau de la Mer Rouge (plus rapprochée de la Méditerranée que des suivantes).
Eau du lac de Garde,
Eau du lac de Genève,
Eau du lac d'Annecy,
} presque égales, notablement inférieures aux précédentes.

L'eau de la Méditerranée a donc conservé dans tous les cas sa supériorité. On remarquera aussi que les eaux douces se clarifient moins rapidement par le repos que les eaux de mer; ces dernières contiennent des flocons ou pellicules, sans doute organiques, qui se déposent facilement.

IV. — En faisant passer dans de l'eau douce douée d'un grand pouvoir d'illumination, un faisceau de lumière solaire décomposé par un prisme, la trace lumineuse présente alors toutes les nuances du spectre juxtaposées. J'ai reconnu précédemment [1] que, dans ce cas, la lumière émise latéralement est encore polarisée, quelle que soit sa réfrangibilité [2].

[1] Mémoire cité, p. 152.

[2] J'ajoutai que si dans ces conditions on regarde la trace, le rayon visuel étant dirigé parallèlement aux arêtes du prisme, on distingue toutes les couleurs du spectre ; mais que si le rayon visuel est dirigé perpendiculairement aux arêtes du prisme, alors les différentes cou-

Digitized by Google

Je me suis demandé si de même dans la lumière renvoyée par les couches intérieures d'une grande masse d'eau, toutes les espèces de rayons sont polarisés.

Pour résoudre cette question, je me suis servi de la même lunette en la modifiant de la manière suivante : On a enlevé la moitié conique du tube de fer-blanc et on l'a remplacée par un tube cylindrique en laiton beaucoup plus court, s'ajustant au reste de la lunette et portant le prisme de Nicol à son extrémité tournée du côté objectif. Dans l'autre extrémité de ce tube en laiton, qui est garnie de drap à l'intérieur, s'engage à frottement doux, un spectroscope à vision directe d'Hofmann, dans lequel la fente ordinaire à largeur variable, est remplacée par une fente fixe placée à l'intérieur du collimateur.

leurs se superposent et la trace paraît blanche, ce qui donne une démonstration nouvelle de la recomposition de la lumière blanche.

Cette démonstration peut être réalisée sous la forme d'une brillante expérience facile à répéter dans un cours.

Dans la salle obscure on introduit par une petite ouverture *circulaire* un faisceau horizontal de lumière solaire, électrique ou oxy-hydrique. Sur un écran on projette un spectre à l'aide d'une lentille et du système de prismes d'un spectroscope à vision directe, qui produit la dispersion sans déviation des rayons moyens. Ce système de prisme doit être mobile autour de son axe. Si les arêtes des prismes sont verticales, le spectre projeté est horizontal ; en tournant les prismes de 90 degrés, le spectre tourne aussi et devient vertical. Supposons l'appareil dans cette dernière position, et sur le passage des rayons, entre le prisme et l'écran, plaçons une cuve rectangulaire dont les parois sont formées de glaces (par exemple un aquarium de chambre). Remplissons-la d'eau que l'on a rendue légèrement louche par l'addition de quelques gouttes d'acétate de plomb, ou d'eau de Cologne, etc. Alors la trace du faisceau devient très-visible, et l'observateur, regardant latéralement la cuve, voit ces rayons divergents et présentant toutes les couleurs du spectre juxtaposées. En faisant tourner le système de prismes de 90 degrés, la trace se rétrécit et paraît blanche ; en même temps sur l'écran on continue à voir toutes les couleurs du spectre qui est projeté horizontalement.

Digitized by Google

En regardant à travers l'appareil ainsi modifié, on voit le spectre de la lumière de l'eau. Il est suffisamment visible si la fente n'est pas trop étroite ($0^{mm},2$); on y distingue les raies principales du spectre solaire, et l'on observe que les rayons rouges sont en petite proportion.

En maintenant le spectroscope immobile, et en faisant tourner la partie objective de la lunette, y compris le Nicol, autour de l'axe de l'instrument, les rayons polarisés provenant de l'eau seront alternativement éteints ou transmis. — En opérant ainsi sur le lac de Genève, j'ai observé que toutes les parties du spectre subissent une extinction partielle, c'est-à-dire que tous les rayons, quelle que soit leur réfrangibilité, sont partiellement polarisés. Cette observation est assez délicate; il faut opérer par un temps très-beau et très-calme pour que la polarisation soit bien franche et le bateau parfaitement immobile.

On peut se servir du même appareil pour répéter l'observation sur la lumière polarisée du ciel; on arrive au même résultat sans aucune difficulté.

V. — Comme M. Tyndall, j'ai attribué ce phénomène de polarisation de la lumière de l'eau, à la présence de particules en suspension dans le liquide. M. Hagenbach, dans l'intéressant travail que j'ai déjà cité [1], sans précisément contester cette manière de voir, a indiqué une autre cause à laquelle il pourrait être rapporté, à savoir la réflexion par l'eau elle-même. « Il est évident, dit-il, que l'eau d'un lac, surtout lorsque le soleil darde ses rayons sur elle, ne peut point présenter une masse homogène, mais qu'elle se compose, par suite des variations de température auxquelles elle est soumise, de cou-

[1] Voyez *Archives*, février 1870, tome XXXVII, p. 176.

Digitized by Google

ches de densités différentes. Par ce fait il doit se produire des réflexions intérieures, et la lumière réfléchie sera polarisée dans le plan de réflexion.»

Comme j'ai déjà eu l'occasion de le dire [1], l'influence que peut exercer la réflexion sur les couches d'inégale densité, mérite certainement d'être examinée; mais je ne pense pas que ce soit là la cause principale du phénomène qui nous occupe.

On peut comprendre de deux manières le rôle que jouerait la réflexion par l'eau.

En premier lieu, on peut admettre que l'eau d'un lac se trouve composée de couches horizontales d'inégale densité. Par un temps absolument calme, les surfaces de séparation de ces diverses couches seraient rigoureusement planes et, dans ce cas, la réflexion sur ces surfaces ne pourrait produire la polarisation dans un plan passant par le soleil, sauf dans la position où la lunette se trouve dans le plan d'incidence des rayons. Mais comme il y a toujours un peu de mouvement à la surface supérieure, et que les ondulations, on le sait, se transmettent dans les couches profondes, on peut admettre que les couches de séparation de couches d'inégale densité ne sont pas planes, mais bien ondulées comme la surface supérieure. — C'est là, si je ne me trompe, ce que suppose M. Hagenbach, car il donne comme preuve à l'appui de sa manière de voir, le fait que le faisceau de lumière venant de l'intérieur se comporte exactement de même que le faisceau réfléchi par la surface supérieure de l'eau en ce qui concerne soit la direction du plan de polarisation, soit la variation du degré de polarisation avec la direction.

[1] Voyez *Archives*, février 1870, tome XXXVII, p. 180.

Digitized by Google

J'ai trouvé ce fait exact dans la plupart des cas; cependant, il y a souvent des exceptions : par exemple, quand on vise avec la lunette dans une direction parallèle aux rayons solaires, il y a polarisation dans un plan vertical pour la lumière réfléchie par la surface supérieure, tandis que le faisceau provenant de l'intérieur n'est pas polarisé. Mais il serait inutile d'insister sur ces exceptions : elles ne nous fourniraient aucun argument de quelque valeur; le phénomène de la polarisation par réflexion sur la surface supérieure est, du reste, très-compliqué et variable suivant les circonstances atmosphériques.

Je me bornerai à faire les objections suivantes à l'hypothèse dont nous nous occupons : 1° Si la lumière renvoyée par l'eau intérieure provenait de réflexion sur des couches d'inégale densité, horizontales, mais ondulées, ne devrait-on pas avoir beaucoup plus de lumière dans le plan vertical passant par le soleil, de même qu'à la surface supérieure de l'eau on observe une traînée lumineuse dans la direction du soleil. — Or je n'ai jamais observé quelque chose de semblable. 2° Par un temps très-calme, le phénomène de la polarisation ne devrait-il pas être beaucoup moins marqué, sauf dans le plan d'incidence ? — Il m'a toujours semblé au contraire que plus le calme est complet, plus la polarisation est prononcée. — 3° Enfin, je rappelle ici une expérience que j'ai déjà citée précédemment [1]. Dans un long tube de verre, terminé par des glaces parallèles, rempli d'eau et exposé horizontalement à la lumière solaire, son axe étant perpendiculaire aux rayons, on reconnaît, en regardant par une des extrémités, que la lumière renvoyée à angle droit de la direction des rayons solaires est polarisée dans un plan parallèle à ces rayons. — Des

[1] Voyez *Archives*, février 1870, tome XXXVII, p. 180.

Digitized by Google

couches horizontales d'inégales densités ne peuvent expliquer la polarisation dans ce cas-là.

Mais en second lieu on pourrait concevoir autrement la disposition des couches d'inégales densités, et supposer qu'elles sont tout à fait irrégulières, comme ce qui a lieu lorsqu'on chauffe de l'eau ou qu'on mélange deux liquides de pesanteur spécifique différente. Ainsi dans l'expérience que je viens de citer en dernier lieu, ce serait l'échauffement produit par la radiation solaire qui déterminerait des différences de densité à tous les points, et par conséquent une réflexion de la lumière dans toutes les directions.

Je ne pense pas non plus qu'il en soit ainsi, ou au moins que cette non-homogénéité puisse être la cause prépondérante de l'illumination du liquide.

En effet, en essayant de rendre l'eau encore moins homogène, soit en la chauffant, soit en y faisant dissoudre un sel par la superficie, je n'ai pas vu l'illumination se modifier sensiblement, tout au moins pas plus que par une simple agitation qui met en mouvement les particules les plus grossières, on introduit de petites bulles d'air dans le liquide.

D'autre part, si la chaleur des rayons solaires déterminait des différences de densités suffisantes pour expliquer le phénomène, en faisant passer un faisceau lumineux dans un tube un peu long et suivant son axe, l'illumination devrait être beaucoup plus prononcée près de l'extrémité par laquelle entre le faisceau que près de l'extrémité opposée, puisque la chaleur serait absorbée par les premières couches d'eau qu'elle traverse. Or ce n'est pas là le résultat que donne l'expérience.

Digitized by Google

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

F. Rossetti. Sur le maximum de densité et le point de congélation des mélanges d'alcool et d'eau. (*Poggend. Ann.*, tome CXL, p. 329; traduction [1].)

Le procédé employé dans ces expériences a été décrit en détail par l'auteur dans deux mémoires antérieurs [2]. Il s'est servi de dilatomètres dont le coefficient de dilatation avait été déterminé avec soin et qui avaient été contrôlés avec de l'eau distillée dans une série d'expériences préliminaires.

Pour mesurer exactement le maximum de densité de chaque mélange, l'on exécutait une série d'expériences dans le voisinage de ce maximum, on construisait une courbe d'après les différents résultats obtenus, et de cette courbe l'on déduisait facilement la température cherchée.

L'on apportait également la plus grande précaution à la détermination du point de congélation. Comme l'auteur le fait observer, il importe que le liquide, soumis à ce genre d'expériences, soit constamment agité, parce que (de même que l'eau) il peut avec un repos parfait être amené à une température notablement inférieure au point de congélation sans que celle-ci se produise.

C'est probablement ce qui est arrivé à M. Recknagel (Carl's Repertorium der Physik), qui donne comme point de congélation d'un mélange de 20 parties d'alcool avec 80 par-

[1] Nous reproduisons ici le résumé du travail de M. Rossetti tel qu'il a été inséré dans les *Annales de Poggendorff*.

[2] Mém. I, sul massimo di densità dell' acqua distillata (*Atti dell' Istituto Veneto*, vol. XII, 1866) et Mem. II, sul massimo di densità e sul punto di congelamento di alcune soluzioni saline. (Ibid. vol. XIII, 1868. Aussi *Annales de chimie et de phys.*, vol. X, 1867, et vol. XV, 1869.)

Digitized by Google

ties d'eau —19° C., tandis que l'auteur de ce travail l'a trouvé égal —12° C. pour un mélange dans des proportions presque identiques.

Le tableau suivant contient les résultats obtenus :

Poids de l'alcool contenu dans 100 parties du mélange.	Température du maximum de densité.	Point de congélation.
0gr,0	4°,12 C.	0° C.
5,85	3,17	— 2,63
7,80	1,82	— 3,54
9,75	—0,19	— 4,45
14,62	—8,48	— 7,47
19,50	—	—12,10

De là on peut déduire les conclusions suivantes :

1° Pour les mélanges contenant moins que 10 °/₀ d'alcool, l'abaissement du point de congélation au-dessous de zéro est proportionnel à la quantité d'alcool. Cet abaissement est de 0°,45 C. pour chaque gramme d'alcool contenu dans 100 grammes du mélange.

2° Dans les mélanges qui contiennent plus que 10 °/₀ d'alcool, l'abaissement du point de congélation varie dans de plus fortes proportions que la quantité d'alcool.

3° La température du maximum de densité diffère très-peu de celle du maximum de densité de l'eau pour les mélanges qui contiennent moins de 2 °/₀ d'alcool.

4° Pour des mélanges avec plus de 2 °/₀ d'alcool, le rapport entre l'abaissement du maximum au-dessous de 4° C. et la quantité d'alcool n'est pas constant, mais va toujours en croissant.

L'auteur a constaté le même fait avec des dissolutions salines, mais dans les mélanges alcooliques la température des maxima s'abaisse beaucoup plus rapidement.

5° La courbe des maxima est une parabole dont voici l'équation :

$$y = -0{,}295\,x + 0{,}076\,x^2.$$

L'ordonnée y donne l'abaissement de la température du

Digitized by Google

maximum au-dessous de +4° C. pour le mélange contenant x parties d'alcool.

6° Pour le mélange renfermant 14,4 °/₀ d'alcool, le point de congélation et la température du maximum de densité se confondent à —7°,35 C.

J. MÜLLER. L'ÉLÉMENT DE PEROXYDE DE MANGANÈSE DE LECLANCHÉ. (*Pogg. Ann.*, tome CXL, p. 308.) — W. SINSTEDEN. PERFECTIONNEMENT APPORTÉ A LA DISPOSITION DE L'ÉLÉMENT LECLANCHÉ. (*Pogg. Ann.*, tome CXXXVII, p. 296.)

Le couple Leclanché consiste, on le sait, en un vase poreux entièrement rempli par le bâton de charbon de cornue servant d'électrode et un mélange de peroxyde de manganèse et de charbon réduits en petits morceaux, puis humectés avec une dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque dans l'eau. Ce diaphragme est introduit dans un pot ou dans un grand verre contenant une dissolution concentrée de chlorhydrate d'ammoniaque dans laquelle plonge un barreau de zinc amalgamé [1].

[1] C'est là, on le voit, un élément presque identique à celui que M. de la Rive a décrit dès 1843. C'est le savant genevois qui est le véritable inventeur des piles à peroxyde de plomb ou à peroxyde de manganèse, lesquelles ont pu être diversement modifiées, mais qui toutes reposent sur le même principe et ne constituent point des inventions nouvelles. Voici ce que M. de la Rive dit à ce sujet dans le mémoire auquel nous faisons allusion. « J'ai essayé de substituer à l'acide nitrique un peroxyde en poudre. J'y voyais deux avantages, le premier de diminuer, comme avec l'acide nitrique, la résistance ; le second d'obtenir un courant par la réduction du peroxyde, courant dont la direction, semblable à celle du courant provenant de l'oxydation du zinc, augmenterait considérablement la puissance électrochimique du couple. Il y avait en outre un avantage pratique dans la substitution d'un peroxyde à l'acide nitrique, c'était de n'avoir qu'un seul liquide pour charger le couple. » Suit la description d'un élément à peroxyde de plomb, dont la disposition est presque identiquement la même que celle de l'élément Leclanché. (Voyez *Archives de l'Électricité*, t. III, p. 165 ; et de la Rive, *Traité d'Électricité*, t. II, p. 619.)

Digitized by Google

Cette pile, dont l'usage commence à être assez répandu dans la science et dans l'industrie, joint à une grande propreté et à un maniement très-facile, une fort grande constance qui en constitue l'avantage essentiel.

M. Müller s'est proposé de mesurer les constantes de l'élément Leclanché, et il a trouvé pour sa force électromotrice :

$$e = 10,76$$

et pour la résistance qu'il oppose au passage du courant :

$$r = 1,89$$

cela en prenant pour unités le courant qui, en une minute, fournit 1 centimètre cube de gaz détonant, et la résistance d'une colonne de mercure de 1 mètre de long, et de 1 millimètre carré de section (unité de Siemens). La force électromotrice d'un élément de Bunsen est égale avec ces données à 21, celle d'un élément de Daniell à 12. Leclanché [1] avait estimé que la force électromotrice de sa pile était 1,38 de celle de la pile de Daniell, tandis qu'elle en serait seulement, suivant M. Müller, les 0,896. Cette différence provient de la polarisation, laquelle augmente avec l'intensité du courant, et qui a dû être plus faible, paraît-il, dans les expériences de Leclanché que dans celles de M. Müller.

Le couple ainsi construit présente certains inconvénients : les surfaces de zinc et de charbon qui se trouvent en présence, sont trop peu étendues et trop éloignées ; de plus, la soudure qui relie l'électrode au charbon s'altère promptement au contact de la dissolution. M. Sinsteden propose de construire cette pile comme suit : la paroi intérieure d'un pot de grès est garnie avec des prismes de charbon de cornue, serrés par des coins également en charbon, le tout formant une sorte de voussure. Un fil d'argent solidement introduit dans chacun de ces prismes le relie à un gros fil de cuivre fixé sur le bord extérieur du pot, et formant électrode négative. Le vase poreux renfermant la

[1] *Dingler's polytechn. Journal*, t. 188, p. 97.

Digitized by Google

dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque et un cylindre de zinc amalgamé est introduit dans le pot que l'on achève de remplir avec un mélange de peroxyde de manganèse et de charbon concassés et imbibés d'une dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque dans l'eau. Le pot peut être fermé par un couvercle également en grès, ne laissant passer que les électrodes. L'on a, de la sorte, un appareil parfaitement propre. M. Sinsteden affirme qu'après un emploi de quinze mois, deux appareils de ce genre, utilisés par lui pour divers usages étaient encore aussi propres et aussi actifs que le premier jour. E. S.

W. DE BEZOLD. UNTERSUCHUNGEN UEBER ELEKTRISCHE STAUBFIGUREN. RECHERCHES SUR LES FIGURES ÉLECTRIQUES PRODUITES A L'AIDE DE POUSSIÈRES FINES. (*Sitzungsberichte d. k. bayrischen Akad. d. Wiss.*, 1869, tome II, p. 145 et 371 ; *Pogg. Ann.*, tome CXL, p. 145.)

L'emploi de poussières fines sert dans l'expérience dite des *figures de Lichtenberg*, à constater le mode de répartition d'une certaine quantité d'électricité positive ou négative que l'on a fait passer d'un conducteur métallique, de l'un des pôles d'une bouteille de Leyde, par exemple, sur une surface isolante telle qu'un gâteau de résine. M. Kundt a appliqué ce même procédé au cas où la décharge s'accomplit entre deux conducteurs métalliques, et nous avons vu [1] qu'après avoir fait passer l'étincelle entre une plaque métallique saupoudrée d'une poussière fine non conductrice et une pointe disposée immédiatement au-dessus, il obtenait, sur la première, une figure circulaire de poudre demeurée adhérente à la surface métallique sous l'action de l'électricité qu'elle avait retenue.

M. de Bezold a réussi à produire des figures électriques dans un troisième cas, celui où l'on fait jaillir une étincelle

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1869, tome XXXV, p. 212.

Digitized by Google

par influence entre deux surfaces isolantes, telles que deux plaques de verre parallèles, munie, chacune sur sa face extérieure d'une armature reliée à l'un des pôles d'une bobine de Ruhmkorff. L'on saupoudre ces plaques avec un mélange de minium et de soufre avant ou après le passage de la décharge.

Suivant l'intensité du courant et le nombre des étincelles, la forme de ces figures électriques varie notablement :

1° Dans le cas d'une étincelle unique, ou d'un petit nombre de faibles étincelles, la figure positive consiste uniquement en de petites étoiles de soufre, la figure négative en des taches circulaires de minium, dont le diamètre augmente proportionnellement à la distance des deux plaques, ne dépendant nullement de leur épaisseur.

2° Lorsque le courant d'induction a une intensité plus grande, la figure positive se compose de taches circulaires rouges entourées de gloires jaunes, tandis que la négative présente différents groupes d'étoiles de soufre semées sur des champs de minium de formes et de dimensions irrégulières.

3° Lorsqu'on fait jaillir entre les deux plaques de très-fortes étincelles, ou un très-grand nombre de petites se suivant rapidement, les figures électriques se modifient encore plus complétement. Les transformations consistent néanmoins toujours essentiellement en ceci, c'est qu'au lieu d'une figure positive simple l'on a une gloire jaune avec une tache rouge négative en son milieu, et au lieu d'une figure négative simple, des champs rouges négatifs semés d'étoiles positives. C'est là un indice évident d'une décharge complexe et alternante. La figure positive est accompagnée sur la même plaque d'une négative placée dans l'intérieur de la première, et la négative sur l'autre plaque enferme également dans son intérieur des petites figures positives.

Les figures de Lichtenberg, que M. de Bezold a soumises aussi à une étude approfondie, sont susceptibles de passer par des transformations tout à fait analogues, lorsqu'on fait

Digitized by Google

varier l'intensité de la décharge, la longueur du jet ou celle d'une colonne d'air quelconque interposée dans le circuit, et en général lorsqu'on modifie la nature du jet.

L'auteur considère les figures électriques comme un critère indiquant, avec une délicatesse et une précision parfaites, la forme sous laquelle s'accomplit une décharge. En tous cas, il ressort d'une manière générale, de son travail, que des *décharges simples donnent toujours des figures simples, tandis que des figures composées indiquent des décharges alternantes.* E. S.

CHIMIE.

Julius Thomsen. Sur le chlorure double de platine et de glucinium. (*Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin*, 1870, p. 827.) — C. Marignac. Note sur le même sujet.

Les recherches de M. Topsoë [1] ayant fait connaître l'existence d'une série de chlorures doubles de platine et des métaux de la série magnésienne, de forme hexagonale et renfermant six ou douze molécules d'eau, M. Thomsen a cherché à obtenir une combinaison analogue avec le chlorure de glucinium, ce qui aurait établi la place de ce métal dans la série magnésienne.

Un pareil chlorure double existe en effet; il est très-soluble, déliquescent dans un air humide et cristallise facilement dans une dissolution très-concentrée. Il forme une poudre cristalline de couleur orangée, ou, lorsque la cristallisation est plus lente, des prismes courts à section carrée ou hexagonale avec des angles de 90° et 135°; plus rarement on voit se former sous le microscope des octaèdres qui paraissent appartenir au système carré.

La composition de ces cristaux est exprimée par la formule:

$$PtCl^4 + GlCl^2 + 9H^2O.$$

[1] Voyez *Archives*, mai 1869, tome XXXV, p. 58.

Digitized by Google

Ils perdent cinq équivalents d'eau à 120°, le reste n'est chassé qu'au delà de 200°.

La forme et la composition de ce sel paraissent donc écarter le glucinium de la série magnésienne pour le rapprocher du calcium ; ce dernier forme, en effet, avec le chlorure de platine un chlorure double renfermant, d'après M. Topsoë, neuf molécules d'eau, mais dont la forme n'a pu être déterminée.

En raison de l'incertitude qui règne toujours sur la constitution des composés du glucinium et sur la place de ce métal dans la classification, j'ai souvent cherché à obtenir des combinaisons définies et cristallisées de ce corps. Je n'ai pas encore publié les résultats de ces recherches, espérant toujours arriver plus tard à découvrir quelque fait propre à décider la question.

Mais je profiterai de l'occasion actuelle pour ajouter quelques observations à celles de M. Thomsen sur ce chlorure double que j'avais aussi préparé.

Mes observations confirment entièrement celles du savant danois, en ce qui concerne la forme cristalline de ce composé, et me permettent même de la préciser un peu plus. Je l'ai obtenu sous la forme de gros prismes rectangulaires, tronqués sur les angles par de petites faces triangulaires appartenant à un octaèdre à base carrée, dont les angles sont d'environ 115° sur les arêtes culminantes et 99° sur les arêtes des bases.

Les cristaux étant un peu déliquescents, la mesure des angles ne serait pas assez précise pour ne laisser aucun doute sur le système de cristallisation. Mais ces doutes sont levés par l'examen optique qui fait reconnaître l'existence d'un axe unique de double réfraction.

Je ne suis pas tout à fait aussi d'accord avec M. Thomsen relativement à la composition de ce sel, dans lequel je ne trouve que huit équivalents d'eau. J'avais fait une première

Digitized by Google

analyse de ce sel à l'époque où je l'avais préparé, je viens de la répéter sur les cristaux très-purs que j'avais conservés.

Dans ces analyses j'ai déterminé la perte d'eau à 100 degrés, le platine en le précipitant par l'hydrogène sulfuré et le glucinium à l'état de glucine par l'ammoniaque. En calculant d'après ces poids ceux du chlorure de platine et du chlorure de glucinium et les retranchant du poids de la matière on a, par différence, la proportion d'eau totale.

J'ai obtenu :

	I	II
	gr	gr
Matière analysée.....	2,600	2,170
Eau chassée à 100°.....	0,326=12,54 °/₀	0,279=12,85 °/₀
Platine.....	0,919=35,35	0,758=34,93
Glucine.....	0,116	0,096
Eau totale par différence.	0,651	0,561

		Calculé.	I	II
Pt.....	197	34,97	35,35	34,93
Gl.....	9,3	1,65	1,64	1,62
Cl⁶....	213	37,81	»	»
8 Aq...	144	25,57	25,04	25,85
	563,3	100		

La moitié de l'eau est chassée à 100 degrés.

La détermination de l'eau exige quelques précautions pour un sel, tel que celui dont il s'agit ici, qui est un peu déliquescent, perd facilement son eau par la chaleur, et dont les cristaux, formés rapidement dans une eau-mère sirupeuse, en demeurent intérieurement pénétrés.

Le procédé qui me paraît le plus convenable dans ces circonstances est le suivant. Après avoir essuyé les cristaux, je les broie dans un mortier que j'expose au-dessus d'un poële à une très-douce chaleur, dépassant à peine celle à laquelle le sel cesse d'être déliquescent, et je continue à écraser jusqu'au moment où sa poudre cesse de s'agglomérer.

C. M.

Digitized by Google

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE NOVEMBRE 1870.

Le 1, la bise se lève avec force vers midi, et souffle avec violence jusqu'au matin du 3; dans la journée du 3, du 4 et du 5, elle continue à souffler, mais plus modérément.

9, brouillard presque tout le jour.

11, il a neigé pendant la nuit jusqu'au pied des montagnes des environs.

12, il a neigé dans la plaine pendant la nuit; la neige a fondu avant 10 heures du matin.

17, brouillard tout le jour.

18, id. dans la matinée, puis pluie.

19, id. tout le jour, pluie le soir.

20, id. id. id.

21, pluie tout le jour.

24, brouillard le soir.

25, id. la plus grande partie de la journée.

Digitized by Google

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

		mm
Le 1 à 10 h.	soir	727,51
4 à 10 h.	soir	733,79
12 à 6 h.	soir	719,62
14 à 8 h.	soir	720,12
18 à 10 h.	matin	722,95
19 à 10 h.	matin	721,55
21 à 10 h.	matin	724,07
22 à 10 h.	soir	724,56
24 à 10 h.	matin	726,46
28 à 10 h.	matin	732,40

MINIMUM.

		mm
Le 2 à 4 h.	après m.	725,09
10 à 11 h.	soir	708,75
13 à 2 ½ h.	après m.	716,66
16 à 6 h.	matin	715,41
18 à 8 h.	soir	718,86
20 à 6 h.	matin	719,25
21 à 6 h.	soir	721,49
23 à 2 h.	après m.	721,38
25 à 6 h.	matin	722,51

Digitized by Google

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°	°	cm.
1	725,29	— 1,06	+ 7,14	+0,08	+ 5,4	+12,6	5,65	—0,78	760	— 83	480	1000	1,2	2	N. 3	0,91	8,1	— 3,8	158
2	725,88	— 0,48	+ 5,80	—1,08	+ 5,4	+ 7,0	4,46	—1,89	663	—180	550	840	...	...	NNE. 3	0,54	8,2	— 3,6	180
3	728,49	+ 2,12	+ 5,15	—1,56	+ 4,4	+ 6,0	4,88	—1,39	752	— 91	700	910	...	...	N. 2	0,98	8,7	— 3,0	170
4	732,75	+ 6,37	+ 5,16	—1,38	+ 3,8	+ 8,1	4,85	—1,34	744	—100	680	810	...	...	N. 1	0,91	9,1	— 2,4	165
5	733,05	+ 6,66	+ 3,67	—2,70	+ 3,0	+ 5,1	4,62	—1,49	790	— 54	710	820	...	...	NNE. 2	1,00	9,0	— 2,4	168
6	729,61	+ 3,21	+ 3,20	—3,00	+ 1,2	+ 5,5	4,44	—1,60	782	— 62	700	920	...	...	N. 1	0,70	—	—	167
7	727,76	+ 1,35	+ 2,24	—3,79	+ 1,2	+ 2,9	4,64	—1,33	873	+ 29	830	900	...	...	variable	1,00	9,4	— 1,7	165
8	727,30	+ 0,87	+ 3,20	—2,66	+ 2,2	+ 4,0	4,90	—1,00	864	+ 20	800	950	...	...	variable	1,00	9,3	— 1,7	164
9	724,97	— 1,48	+ 2,96	—2,73	+ 2,1	+ 4,5	5,20	—0,63	927	+ 82	880	950	...	...	SE. 1	1,00	9,2	— 1,7	164
10	713,93	—12,54	+ 5,31	—0,21	+ 1,2	+ 8,7	6,13	+0,37	904	+ 59	760	990	14,4	14	SO. 1	0,96	9,3	— 1,2	163
11	712,19	—14,30	+ 2,57	—2,79	+ 1,3	+ 7,2	4,05	—1,64	763	— 82	630	830	...	...	SSO. 2	0,88	8,7	— 1,9	163
12	718,40	— 8,11	+ 1,11	—4,08	— 0,7	+ 4,0	3,74	—1,88	752	— 93	590	930	0,2	1	SSO. 1	0,58	8,7	— 1,8	163
13	717,25	— 9,28	+ 3,17	—1,86	+ 0,2	+ 6,0	5,03	—0,52	868	+ 23	550	970	1,2	3	NO. 1	1,00	—	—	162
14	719,05	— 7,50	+ 3,22	—1,64	+ 1,3	+ 6,9	4,73	—0,75	823	— 23	640	930	3,7	6	SSO. 1	0,60	8,6	— 1,6	161
15	717,22	— 9,35	+ 6,46	+1,76	+ 1,2	+ 9,7	5,07	—0,34	691	—155	520	810	0,2	1	SO. 2	0,90	8,6	— 1,5	160
16	715,75	—10,85	+ 4,25	—0,29	+ 0,8	+ 7,4	5,31	—0,04	881	+ 35	700	1000	13,7	7	variable	0,83	7,7	— 2,2	158
17	719,04	— 7,59	+ 0,73	—3,65	— 0,7	+ 6,9	4,66	—0,63	966	+120	860	1000	...	...	SSE. 1	0,96	8,5	— 1,3	157
18	721,37	— 5,32	+ 0,28	—3,94	— 2,7	+ 2,3	4,59	—0,64	967	+120	890	1000	...	..	SSO. 1	0,97	7,5	— 2,2	153
19	720,35	— 6,37	+ 2,68	—1,38	+ 1,5	+ 4,0	5,51	+0,34	999	+152	990	1000	21,9	17	SSO. 1	1,00	7,5	— 2,1	153
20	721,03	— 5,72	+ 4,89	+0,98	+ 2,8	+ 6,7	6,58	+1,47	999	+152	980	1000	10,8	7	variable	1,00	—	—	151
21	722,78	— 4,00	+ 6,37	+2,61	+ 6,0	+ 7,0	7,19	+2,14	1000	+152	1000	1000	36,6	22	variable	1,00	7,7	— 1,6	151
22	723,76	— 3,05	+ 9,87	+6,26	+ 6,6	+13,1	6,37	+1,37	713	—135	560	880	2,6	5	OSO. 1	0,87	7,8	— 1,4	151
23	722,07	— 4,77	+10,18	+6,72	+ 8,9	+11,5	7,72	+2,77	837	— 12	750	910	8,5	7	SSO. 1	0,99	7,8	— 1,3	154
24	725,26	— 1,61	+ 6,62	+3,31	+ 4,4	+10,7	6,58	+1,68	897	+ 48	790	960	...	...	variable	0,57	7,9	— 1,1	166
25	724,31	— 2,59	+ 3,22	+0,05	+ 0,3	+ 5,9	5,78	+0,93	989	+139	940	1000	...	..	SSE. 1	0,98	7,7	— 1,2	164
26	725,64	— 1,29	+ 6,24	+3,22	+ 2,7	+10,3	6,40	+1,60	890	+ 40	760	970	5,5	4	SSO. 1	0,93	7,7	— 1,0	160
27	730,14	+ 3,18	+ 6,41	+3,53	+ 5,2	+ 7,7	6,91	+2,16	966	+115	910	1000	7,5	10	N. 1	1,00	—	—	160
28	731,80	+ 4,80	+ 6,57	+3,83	+ 4,5	+ 8,7	6,68	+1,98	916	+ 65	820	1000	...	...	NNE. 1	0,77	8,3	— 0,2	159
29	730,87	+ 3,84	+ 5,23	+2,64	+ 3,3	+ 7,0	5,45	+0,80	830	— 22	730	920	...	...	NE. 1	0,96	8,3	— 0,1	158
30	728,48	+ 1,41	+ 3,20	+0,75	+ 2,0	+ 5,3	4,43	—0,18	786	— 67	660	840	...	...	NE. 2	1,00	8,0	— 0,3	158

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1870.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	727,10	727,47	727,42	726,90	726,45	726,33	726,57	726,54	726,45
2e «	717,48	718,14	718,46	718,22	717,96	718,22	718,78	718,93	719,11
3e «	726,30	726,64	727,00	726,50	726,14	726,30	726,62	726,92	727,17
Mois	723,63	724,08	724,29	723,87	723,52	723,61	723,92	724,13	724,25
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+ 3,98	+ 3,86	+ 4,52	+ 5,08	+ 5,27	+ 5,26	+ 4,52	+ 4,33	+ 4,19
2e «	+ 2,00	+ 2,46	+ 3,74	+ 4,39	+ 4,27	+ 3,40	+ 3,05	+ 2,73	+ 2,61
3e «	+ 5,16	+ 5,30	+ 6,52	+ 7,53	+ 7,73	+ 7,45	+ 7,18	+ 6,74	+ 6,11
Mois	+ 3,71	+ 3,87	+ 4,93	+ 5,67	+ 5,76	+ 5,37	+ 4,92	+ 4,60	+ 4,30
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,76	4,83	4,98	5,01	5,11	5,00	5,16	5,04	5,17
2e «	4,86	4,57	4,73	5,10	5,11	5,16	5,06	5,05	4,98
3e «	6,06	6,07	6,39	6,53	6,53	6,54	6,59	6,44	6,28
Mois	5,22	5,16	5,37	5,55	5,58	5,57	5,60	5,51	5,48
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	799	808	788	765	770	751	817	811	837
2e «	914	833	810	833	840	849	876	884	893
3e «	916	911	883	847	831	843	859	865	881
Mois	876	851	827	815	814	814	851	853	870

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	cm
1re décade	+ 2,99	+ 6,44	0,90	8,92	15,6	166,4
2e «	+ 0,50	+ 6,11	0,87	8,22	51,7	158,1
3e «	+ 4,39	+ 8,72	0,91	7,91	60,7	158,1
Mois	+ 2,63	+ 7,09	0,89	8,36	128,0	160,9

Dans ce mois, l'air a été calme 5,6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,18 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 10°,3 O., et son intensité est égale à 9,4 sur 100.

Digitized by Google

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE NOVEMBRE 1870.

Le 1, brouillard tout le jour.
2, id. id.
10, id. id.
14, id. une partie de la journée.
16, id. id.
18, id. depuis 4 h. du soir.
19, 20, 21, id. toute la journée.
22, id. depuis 6 h. du soir.
23, id. tout le jour.
24, id. depuis 6 h. du soir.
25, id. depuis 8 h. du matin.
26, id. toute la journée.
27, id. jusqu'à 4 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 5 à 10 h. soir	567,70	Le 1 à 6 h. matin	536,22
13 à 10 h. soir	555,43	11 à 2 h. après m.	546,99
15 à 8 h. matin	555,68	14 à 4 h. après m.	553,99
21 à 8 h. matin	562,85	16 à 4 h. après m.	552,31
22 à 10 h. soir	562,88	21 à 10 h. soir	559,42
25 à 10 h. soir	566,91	23 à 6 h. soir	560,83
29 à 10 h. matin	567,06	27 à 6 h. matin	564,04
		30 à 8 h. soir	560,76

Digitized by Google

SAINT-BERNARD. NOVEMBRE 1870.

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température. C. Moyenne des 24 heures.	Température. C. Écart avec la température normale.	Température. C. Minimum*	Température. C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim			
1	557,25	— 6,05	556,22	559,04	— 7,75	— 4,59	— 8,4	— 5,4	.....	.....	....	NE. 3	1,00
2	558,99	— 4,24	558,62	559,88	— 8,98	— 5,68	— 9,4	— 7,8	.....	.....	....	NE. 2	0,94
3	562,32	— 0,84	560,97	564,33	— 4,99	— 1,55	— 6,0	— 3,2	.....	.....	....	variable	0,09
4	566,38	+ 3,28	565,18	567,07	— 5,20	— 1,62	— 6,5	— 2,6	.....	.....	....	NE. 1	0,09
5	567,00	+ 3,96	566,49	567,70	— 3,76	— 0,04	— 5,7	— 1,7	.....	.....	....	SO. 1	0,00
6	565,99	+ 3,01	565,45	566,92	— 3,06	+ 0,80	— 4,7	0,0	.....	.....	....	SO. 1	0,01
7	563,40	+ 0,48	563,16	563,92	— 3,18	+ 0,81	— 5,0	— 0,2	.....	.....	....	SO. 1	0,01
8	562,37	— 0,49	560,51	563,13	— 3,83	+ 0,29	— 4,8	— 1,7	.....	.....	....	SO. 1	0,06
9	561,40	— 1,40	560,49	562,19	— 4,46	— 0,21	— 5,8	— 2,8	.....	.....	....	SO. 1	0,09
10	553,43	— 9,32	550,97	557,06	— 5,64	— 1,26	— 6,3	— 4,2	113	20,4	12	SO. 2	0,97
11	547,49	—15,21	546,99	548,48	—10,71	— 6,20	—13,8	— 6,7	122	8,2	12	SO. 1	0,76
12	550,75	—11,90	549,04	552,62	—13,90	— 9,25	—16,4	—11,2	62	4,9	14	NE. 1	0,68
13	554,85	— 7,75	553,75	555,43	—11,84	— 7,06	—13,0	—10,4	50	3,8	10	SO. 2	0,96
14	554,17	— 8,38	553,99	555,45	— 8,00	— 3,10	— 9,9	— 6,0	31	3,0	8	NE. 1	0,87
15	555,50	— 7,00	555,49	555,68	— 6,34	— 1,32	— 8,9	— 3,4	50	3,3	7	SO. 1	0,82
16	553,26	— 9,20	552,31	554,49	— 8,39	— 3,25	— 9,7	— 7,4	55	3,6	8	variable	0,67
17	555,01	— 7,11	554,39	556,77	— 9,04	— 3,78	—10,5	— 6,2	.....	....	....	SO. 1	0,20
18	559,15	— 3,23	558,35	559,74	— 9,51	— 4,13	—10,4	— 8,5	.....	.....	....	variable	0,63
19	558,86	— 3,48	558,08	559,81	— 6,17	— 0,68	— 7,4	— 5,3	10	2,9	4	SO. 1	0,99
20	559,86	— 2,44	556,94	562,28	— 5,09	+ 0,51	— 5,8	— 4,1	.....	.....	....	SO. 2	1,00
21	561,12	— 1,14	559,42	562,85	— 4,21	+ 1,50	— 6,4	— 2,5	160	20,0	16	SO. 1	1,00
22	561,61	— 0,62	559,48	562,88	— 3,17	+ 2,65	— 6,8	— 1,4	65	7,2	4	SO. 1	0,60
23	561,41	— 0,78	560,83	562,13	— 2,92	+ 3,01	— 3,2	— 2,0	230	20,2	10	SO. 1	1,00
24	565,21	+ 3,06	563,73	566,06	— 3,63	+ 2,40	— 5,5	— 1,2	60	4,9	4	SO. 1	0,52
25	566,28	+ 4,16	565,24	566,91	— 5,14	+ 0,99	— 6,0	— 4,4	.....	.....	....	SO. 1	0,90
26	565,15	+ 3,06	564,29	565,86	— 3,88	+ 2,35	— 4,0	— 3,0	75	11,9	6	SO. 2	1,00
27	564,78	+ 2,72	564,04	565,69	— 5,65	+ 0,68	— 8,2	— 3,8	120	15,0	7	SO. 1	0,62
28	566,61	+ 4,58	565,77	567,06	— 4,17	+ 2,26	— 7,0	— 1,2	.....	.....	....	NE. 1	0,01
29	566,01	+ 4,01	564,88	567,06	— 0,98	+ 5,55	— 3,6	+ 4,0	.....	.....	....	NE. 1	0,00
30	561,58	— 0,39	560,76	562,79	— 4,62	+ 2,01	— 7,8	— 1,8	.....	.....	....	NE. 1	0,61

Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

Digitized by Google

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMI

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	
				Baromètre.			
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
1re décade	561,98	562,11	562,15	562,00	561,82	561,87	5
2e »	554,37	554,68	555,01	554,95	554,90	554,86	5
3e »	563,83	564,25	564,51	564,31	564,04	564,01	5
Mois	560,06	560,34	560,56	560,42	560,26	560,25	5
				Température.			
	°	°	°	°	°	°	
1re décade	— 5,30	— 5,81	— 4,40	— 3,37	— 3,57	— 4,33	—
2e »	— 9,16	— 8,91	— 7,83	— 7,56	— 7,54	— 8,74	—
3e »	— 4,73	— 4,62	— 3,39	— 2,15	— 2,47	— 3,29	—
Mois	— 6,46	— 6,45	— 5,21	— 4,36	— 4,53	— 5,45	—

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de ou de
	°	°		m
1re décade	— 6,26	— 2,96	0,33	20
2e »	— 10,58	— 6,92	0,76	29
3e »	— 5,85	— 1,73	0,63	79
Mois	— 7,56	— 3,87	0,57	129

Dans ce mois, l'air a été calme 18 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,

La direction de la résultante de tous les vents observés est
tensité est égale à 23,0 sur 100.

* Voir la note du tableau

Digitized by Google

Digitized by Google

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXXIX (NOUVELLE PÉRIODE)

1870. — N°s 153 à 156.

Pages

Sur le passage des courants d'induction et de disjonction à travers des gaz à différentes pressions et entre des pôles de formes différentes, par M. *E. Edlund* 5

Description de la terrasse d'alluvion sur laquelle est bâtie la ville de Genève; disposition remarquable des couches sur lesquelles repose le terrain supérieur, par M. le professeur *D. Colladon* 37

Résumé météorologique de l'année 1869 pour Genève et le Grand Saint-Bernard, par M. le professeur *E. Plantamour* 89

Sur les publications récentes faites à l'observatoire de Bruxelles 130

Études sur la géologie des Alpes. — I. Le massif du Moléson et les montagnes environnantes dans le canton de Fribourg, par M. *Ernest Favre*. . . 169

Recherches sur les chaleurs spécifiques, les densités et les dilatations de quelques dissolutions, par M. *C. Marignac*. (Première partie : Chaleurs spécifiques.) 217

— Idem. (Deuxième partie : Densités et dilatations.) 273

Digitized by Google

Note sur les dernières Aurores boréales, par M. le professeur *A. de la Rive* 304
Notes sur le problème de la variation du climat, par M. *L. Dufour*, professeur de physique à l'Académie de Lausanne. 307
Sur la couleur du lac de Genève et de la Méditerranée, par M. *J. Tyndall*. 343
Sur la polarisation de la lumière de l'eau, par M. *J.-L. Soret* 352
Table des auteurs. 389

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

Dr *Thomas Andrews*. Sur la continuité des états gazeux et liquide de la matière 50
A. Dupré et *F.-J.-M. Page*. Sur la chaleur spécifique et les autres caractères physiques de mélanges de l'alcool éthylique et de l'eau. 58
J. Violle. De l'équivalent mécanique de la chaleur. . . . 63
L. Pfaundler. Nouvelle théorie du regel de la glace. . . 69
Félix Marco. Courants électriques développés par l'induction électrostatique. Explication du magnétisme terrestre 70
C. Vierordt. Emploi du spectroscope pour la mesure de l'absorption de la lumière au travers des corps transparents 75
C. Schultz-Sellack. Remarque sur la couleur de l'iode. . . 76
C.-B. Greiss. Sur la conductibilité calorifique des corps organiques. 145
E. Hagenbach. De la fusion de projectiles en plomb qui viennent à frapper une plaque de fer. 146

Digitized by Google

Pages

A. Kundt. Une expérience sur l'ébullition simultanée de deux liquides qui ne sont pas susceptibles de se mélanger 148

F. Rüdorff. Sur la détermination des points de fusion et de solidification des graisses et d'autres combinaisons 150

R. Kœnig. Sur les notes fixes caractéristiques des diverses voyelles 152

Notice sur des observations thermométriques récentes faites dans quelques stations de Syrie et de Palestine 250

Woolcott Gibbs. Sur les liquides doués d'un haut pouvoir dispersif 256

A. Kundt. Sur le spectre d'absorption de l'acide hypoazotique liquide 258

E. Reitlinger et M. Kuhn. Sur les spectres fournis par les gaz à l'électrode négative et dans des tubes de Geissler modifiés par un long usage 260

J. Parnell. Sur une nouvelle substance fluorescente... 263

F. Rossetti. Sur le maximum de densité et le point de congélation des mélanges d'alcool et d'eau 368

J. Müller. L'élément de peroxyde de manganèse de Leclanché. — *W. Sinsteden.* Perfectionnement apporté à la disposition de l'élément Leclanché 370

W. de Bezold. Recherches sur les figures électriques produites à l'aide de poussières fines 372

CHIMIE.

E. Fremy. Note sur la réduction de l'acide azoteux par les métaux 77

Julius Thomsen. Recherches sur les chaleurs spécifiques des dissolutions aqueuses des combinaisons chimiques 153

Julius Thomsen. Sur le chlorure double de platine et de glucinium. — *C. Marignac.* Note sur le même sujet 374

Digitized by Google

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Pages

N. Lieberkühn. Les phénomènes du mouvement des cellules animales..... 158

BOTANIQUE.

D. Clos. Monographie de la préfoliation dans ses rapports avec les divers degrés de la classification..... 78

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

Observations faites pendant le mois d'août 1870..... 81
Idem. pendant le mois de septembre..... 161
Idem. pendant le mois d'octobre..... 265
Idem. pendant le mois de novembre..... 377

Digitized by Google

TABLE DES AUTEURS

POUR LES

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NAT

SUPPLÉMENT

A LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELL

ANNÉE 1870. Tomes XXXVII à XXXIX (Nouvelle

A

Adamük. Innervation des mouvements de l'œil, XXXVIII, 299.
Ador, E. Radical de l'acide phthalique, XXXVIII, 287.
Amaury. Voyez *Jamin* et *Amaury*.
Andrews, Thomas. Continuité des états gazeux et liquide de la matière, XXXIX, 50.
Archer. Rhizopodes d'eau douce nouveaux ou peu connus, XXXVII, 76.

B

Bachmann, J. Terrains de la Simmenfluh, XXXVII, 302.
Bambeke, (Dr *van*). Développement du spélobate brun, XXXVIII, 377.
Beneden (*Ed. van*). Composition et signification de l'œuf, XXXVIII, 377.
Bezold (*W. de*). Recherches sur les figures électriques produites à l'aide de poussières fines, XXXIX, 372.
Blaserna, P. Développement et durée des courants d'induction et des extra-courants, XXXVIII, 338.

C

Campiche. Voyez *Pictet piche*.
Candolle (*Alph. de*). Ana vers travaux, XXXIX,
Chantre. Voyez *Falsan* e
Cienkowski. Sur les C XXXVII, 76.
Claparède, Edouard. Re propos de l'ouvrage d lace sur la sélection XXXVIII, 160. — A divers travaux, XXXVI 87, 271, 357. XXXV 377. XXXIX, 158.
Clos, D. La préfoliation rapports avec les dive de la classification, XX
Colladon, Daniel. Terras vion sur laquelle est ville de Genève, XXXI
Collomb, Ed. Glaciers d central de la France, 24. Stries glaciaires sur de Fontainebleau, 332.

D

Daniel. Action du magnét les gaz, XXXVII, 182.

Digitized by Google

De la Rive, Auguste. De la poussière qui flotte dans l'atmosphère, XXXVII, 229 — Polarisation rotatoire magnétique des liquides, XXXVIII, 209. — Les dernières aurores boréales, XXXIX, 304. — Analyse de divers travaux, XXXVII, 182. XXXVIII, 190.

Desor et *de Loriol*. Echinologie helvétique, XXXVII, 310.

Deville (*H. Sainte-Claire*). Action de l'eau sur le fer et de l'hydrogène sur l'oxyde de fer, XXXVIII, 365.

Donders. Sur l'association congénitale et acquise, XXXVIII, 299.

Dubrunfaut. Spectres des gaz à différentes températures, XXXVII, 262.

Dufour, Louis. Différence entre la pluie et l'évaporation observée à Lausanne, XXXVII, 243. — Problème de la variation du climat, XXXIX, 307.

Dupré, A. Voyez *Grad* et *Dupré*.

Dupré, A. et *F.-J.-M. Page*. Chaleur spécifique et autres caractères physiques des mélanges d'alcool éthylique et d'eau, XXXIX, 58.

Dursy, Em. La bandelette primitive de l'embryon du poulet, XXXVIII, 377.

E

Edlund, E. Courants d'induction et de disjonction dans des gaz à différentes pressions et entre des pôles de formes différentes, XXXIX, 5.

Engler, C. et *O. Nasse*. Sur l'ozone et l'antozone, XXXVIII, 370.

Escher de la Linth. Terrains crétacé et éocène entre le Pragel et Yberg, XXXVII, 305.

F

Falsan, A. et *Chantre*. Terrain erratique de la partie moyenne du bassin du Rhône, XXXVIII, 118.

Favre, Victor. Sur trois espèces de grenouilles rousses, XXXVII, 33.

Favre, Alph. Existence de l'homme à l'époque tertiaire, XXXVII, 97.

Favre, A. et *L. Soret*. Conservation des blocs erratiques, XXXVII, 310.

Favre, Ernest. Craie de la Galicie orientale, XXXVII, 118. — Revue des travaux relatifs à la géologie et à la paléontologie de la Suisse, XXXVII, 289. — Géologie du massif du Moléson, XXXIX, 169.

Fischer-Ooster. L'étage rhétique des environs de Thoune, XXXVII, 298. — Zone de lias dans la chaîne du Moléson, XXXVII, 298. — Age du grès de Taviglianaz, XXXVII, 299. — Géologie des environs de Wimmis, XXXVII, 302. — Coupe prise au Kublisbad, XXXVII, 305.

Focke. Radiolaires d'eau douce dépourvus de coque, XXXVII, 76.

Foucault, Léon. Sidérostat, XXXVII, 50.

Frankland et *Lockyer*. Spectres gazeux par rapport à la constitution physique du soleil, des étoiles et des nébuleuses, XXXVII, 349.

Fremy, E. Réduction de l'acide azoteux par les métaux, XXXIX, 77.

G

Gautier, Alfred. Notice sur la cinquième année des observations thermométriques et pluviométriques suisses, XXXVII, 5. — Observations météorologiques sur la côte du Labrador, XXXVIII, 132. — Notice sur le nivellement de précision de la Suisse, par MM. Hirsch et Plantamour, XXXVIII, 313. — Publications de l'observatoire de Bruxelles,

Digitized by Google

XXXIX, 130. — Analyse de divers travaux, XXXVII, 50. XXXVIII, 292. XXXIX, 250.
Gerlach. Géologie des Alpes Pennines, XXXVII, 292. — Feuille XXII de la carte géologique suisse, XXXVII, 292.
Gibbs, *Woolcott*. Liquides doués d'un haut pouvoir dispersif, XXXIX, 256.
Gilliéron, *V*. Calcaires rouges, XXXVII, 303. — Terrains crétacés dans les chaînes extérieures des Alpes des deux côtés du Léman, XXXVIII, 255. — Voyez *de Loriol* et *Gilliéron*.
Giordano, *F*. Géologie du Cervin, XXXVII, 291.
Girard, *Maurice*. Chaleur libre dégagée par les animaux invertébrés, XXXVII, 83.
Gœtte, *A*. Développement du Bombinator igneus, XXXVIII, 377.
Gore, *G*. Sur le fluorure d'argent, XXXVIII, 362.
Grad, *Ch*. et *A*. *Dupré*. Constitution et mouvement des glaciers, XXXVII, 312.
Graham, *Th*. Nouvelles recherches sur l'hydrogenium, XXXVII, 69.
Greeff. Sur l'Actinophrys Eichhornii et un nouveau Rhizopode d'eau douce, XXXVII, 76. — Sur les Radiolaires et leurs proches parents parmi les Rhizopodes d'eau douce, XXXVII, 76.
Greiss, *C.-B*. Conductibilité calorifique des corps organiques, XXXIX, 145.
Grenacher. Sur l'Acanthocystis viridis, XXXVII, 76. — Sur l'Actinophrys Sol, XXXVII, 76.
Guthrie, *F*. Rapprochement dû aux vibrations, XXXVII, 258.

H

Hagenbach, *Ed*. Polarisation et couleur bleue de la lumière réfléchie par l'eau ou par l'air, XXXVII, 176. — Qualités optiques de la chlorophylle, XXXVIII, 356. — Fusion de projectiles en plomb frappant une plaque de fer, XXXIX, 146.
Hamy, *E.-T*. Ossements humains trouvés dans le pliocène inférieur de Savone, XXXVII, 112.
Harrison, *T.-P*. Radiation solaire, XXXVIII, 192.
Hirn. Variations de la capacité calorifique de l'eau, XXXVIII, 358.
Hirsch et *Plantamour*. Coefficient de dilatation d'un barreau d'argent, XXXVIII, 37. — Nivellement de précision de la Suisse, XXXVIII, 313.
His, *W*. Premiers rudiments du corps chez les vertébrés, XXXVIII, 377.
Huggins, *William*. Analyse spectrale des corps célestes, XXXVIII, 74.
Hugueny, *M.-F*. Coup de foudre de l'île du Rhin, XXXVII, 184.
Hull, *Edw*. Température des couches inférieures de la terre, XXXVIII, 93.
Humbert. Voyez *Pictet* et *Humbert*.

J

Jaccard, *A*. Jura vaudois et neuchâtelois, XXXVII, 306.
Jamin, *J*. Emploi du courant électrique dans la calorimétrie, XXXVIII, 358
Jamin et *Amaury*. Chaleur spécifique de l'eau entre 0 et 100°, XXXVIII, 358.

K

Knab. Asphalte urgonienne du Val de Travers, XXXVII, 308.
Knoblauch, *H*. Passage de la chaleur rayonnante à travers le sel gemme et la sylvine, XXXVII, 259.
Kœnig, *R*. Notes fixes caractéristiques des diverses voyelles, XXXIX, 152.

Digitized by Google

Kohlrausch et *Nippoldt*. Détermination de la résistance électrique de l'acide sulfurique au moyen des courants alternants, XXXVIII, 190.
Koster, *W*. Sur la formation des œufs dans l'ovaire des mammifères après la naissance, et sur les relations de l'ovaire et du péritoine, XXXVIII, 377. — L'épithélium de l'ovaire, XXXVIII, 377.
Kuhn, *M*. Voyez *Reitlinger* et *Kuhn*.
Kundt, *A*. Ebullition simultanée de deux liquides non susceptibles de se mélanger, XXXIX, 148. — Spectre d'absorption de l'acide hypoazotique, XXXIX, 258.
Kupffer, *C*. Développement des poissons osseux, XXXVIII, 377.

L

Lecoq de Boisbaudran. Spectres des gaz à différentes températures, XXXVII, 265.
Lieberkühn, *N*. Mouvement des cellules animales, XXXIX, 158.
Lochmann. Blocs erratiques dans le canton de Vaud, XXXVII, 311.
Lockyer, *J.-N*. Remarques sur l'éclipse récente du soleil, XXXVII, 252. — Voyez *Frankland* et *Lockyer*.
Lœw, *O*. Formation de l'ozone par combustion rapide, XXXVIII, 296.
Loriol (*P. de*). Voyez *Desor* et *de Loriol*.
Loriol (*P. de*) et *Gilliéron* Etage urgonien inférieur du Landeron, XXXVII, 307.
Lunel, *Godefroy*. Variété rouge de l'écrevisse commune, XXXVII, 207.

M

Magnus, *G*. Variations du rayonnement calorifique avec le poli, XXXVII, 64. — Emission, absorption et réflexion des différentes espèces de chaleur émises à de basses températures, XXXVIII, 5 et 147.
Marco, *Félix*. Courants électriques développés par l'induction électrostatique, XXXIX, 70.
Marignac (*C. de*). Chaleurs spécifiques, densités et dilatations de quelques dissolutions, XXXIX, 217 et 273. — Chlorure double de platine et de glucinium, XXXIX, 374. — Analyse de divers travaux, XXXVIII, 365. XXXIX, 374.
Mayer, *K*. Terrain nummulitique près d'Einsiedeln, XXXVII, 306.
Mecznikow, *E*. Développement embryonnaire du Bothriocephalus proboscideus, XXXVII, 87.
Merian *P*. Fossiles de Ste-Vérène près Soleure, XXXVII, 306. — Fossiles tertiaires de Therwyler, XXXVII, 309.
Micheli, *Marc*. Analyse de divers travaux, XXXVII, 275, XXXVIII, 356.
Millardet, *A*. Prothallium mâle des Cryptogames vasculaires, XXXVII, 275.
Miller, *M*. Analyse spectrale des corps célestes, XXXVIII, 74.
Mühlberg. Terrain glaciaire d'Argovie, XXXVII, 311.
Müller, *A*. Roches cristallines des Alpes, XXXVII, 290. — Blocs erratiques sur le plateau bâlois, XXXVII, 311.
Müller, *J*. L'élément de peroxyde de manganèse de Leclanché, XXXIX, 370.
Müller, *J*. Analyse de divers travaux, XXXVIII, 198.
Müller, *P.-E*. Cladocères des grands lacs de la Suisse, XXXVII, 317. Cladocères du Danemark, XXXVII, 357. — Reproduction des Cladocères, XXXVII, 357.

N

Nasse, *O*. Voyez *Engler* et *Nasse*.

Google

Negri et *Spreafico*. Géologie des environs de Varèse et de Lugano, XXXVII, 297.
Nippolt. Voyez *Kohlrausch* et *Nippolt*.

O

Ooster. Les Inocérames des terrains jurassiques des Alpes suisses, XXXVII, 299. — Les couches à Zoophycos, XXXVII, 299. — Faune corallienne de Wimmis, XXXVII, 300. — Calcaires rouges de la Simmenfluh, XXXVII, 303.
Oxmantown (Lord). Voyez *Rosse*.

P

Parnell, *J*. Nouvelle substance fluorescente, XXXIX, 263.
Peremeschko. Formation des feuillets blastodermiques dans l'œuf de poule, XXXVIII, 377.
Pfaundler, *L*. Regel de la glace, XXXIX, 69.
Pictet et *Campiche*. Terrain crétacé de Ste-Croix, XXXVII, 307.
Pictet et *Humbert*. Vertébrés du terrain sidérolithique du canton de Vaud, XXXVII, 308.
Plantamour, *Emile*. Résumé météorologique de l'année 1869, XXXIX, 89. — Observations météorologiques, XXXVII, 89, 193, 281, 373 XXXVIII, 97, 201, 305, 405. XXXIX, 89, 161, 265. Voy. *Hirsch* et *Plantamour*.
Plateau, *Félix*. Crustacés d'eau douce de Belgique, XXXVII, 351.
Poggendorff, *J.-C*. Simplification de la machine de Holtz, XXXVII, 58. — Pouvoir électrique des pointes, XXXVII, 187. — Déplacement de l'enveloppe lumineuse à l'électrode négative, XXXVII, 268.

Q

Quetelet, *A*. Publications récentes et observations faites à l'observatoire de Bruxelles, XXXIX, 130.

R

Rabenhorst, *L*. Flore des Cryptogames de la Saxe ; les Lichens, XXXVIII, 198.
Reitlinger, *E*. et *M*. *Kuhn*. Spectres des gaz à l'électrode négative et dans des tubes de Geissler modifiés par l'usage, XXXIX, 260.
Renevier. Calcaires de Wimmis, XXXVII, 302. — Coupes du bassin d'Yverdon, XXXVII, 308.
Rieneck. Stratification du blastoderme chez les truites, XXXVIII, 377.
Risler, *Eugène*. Evaporation du sol et des plantes, XXXVII, 214. — Analyse de divers travaux, XXXVIII, 91.
Rosse (*Lord Oxmantown*). Spectres des nébuleuses, XXXVIII, 88.
Rossetti, *F*. Maximum de densité et point de congélation des mélanges d'alcool et d'eau, XXXIX, 368.
Rüdorff, *F*. Points de fusion et de solidification des graisses, XXXIX, 150.
Rutimeyer. Formation des lacs et des vallées, XXXVII, 313.

S

Sarasin, *Edouard*. Analyse de divers travaux, XXXVII, 54, 58, 64, 187, 190, 259, 262, 268, 270. XXXVIII, 74, 358. XXXIX, 76, 145, 148, 150, 152, 258, 260, 263, 268, 370, 372.
Saussure (*H. de*). La grotte du Scé, station du renne, XXXVIII, 105.
Schellen, *H*. Traité d'analyse spectrale, XXXVIII, 74.
Schultz-Sellack. Diathermanéité d'une série de corps pour la chaleur obscure, XXXVII, 54. — Couleur de l'iode, XXXIX, 76.
Secchi, *A*. Spectres des gaz à différentes températures, XXXVII, 262. — Analyse spectrale des corps célestes, XXXVIII, 74.

Digitized by Google

Siebold (*C.-Th. de*). Parthénogenèse chez le Polistes gallica, XXXVII, 271.
Sinsteden, *W*. Perfectionnement apporté à la disposition de l'élément Leclanché, XXXIX, 370.
Soret, *J.-L*. Illumination des corps transparents, XXXVII, 129. — Observations sur une note de M. Hagenbach, XXXVII, 180. — Observations sur un memoire de M. Wolffenstein sur la densité de l'ozone, XXXVIII, 67. — Polarisation de la lumière de l'eau, XXXIX, 352. Voyez *Favre* et *Soret*.
Spreafico. Voyez *Negri* et *Spreafico*.
Studer, *B*. Géologie de la Suisse, XXXVII, 310. — Orographie des Alpes suisses, XXXVII, 312.
Studer, *Th*. Foraminifères dans la craie des Alpes, XXXVII, 304.
Suess. Présence du terrain permien dans les Alpes, XXXVII, 296.

T

Théobald. Géologie des environs de Ragatz et de Pfäffers, XXXVII, 295. — Notice sur les environs du Kistenpass, XXXVII, 295.
Thioly. Station de Veyrier, XXXVII, 309. — Station lacustre des Eaux-Vives, XXXVII, 309.
Thomsen, *Julius*. Recherches thermochimiques, XXXVII, 73, 201, 341. — Chaleurs spécifiques des dissolutions aqueuses des combinaisons chimiques, XXXIX, 153. — Chlorure double de platine et de glucinium, XXXIX, 374.
Topsoe, *H*. Recherches cristallographiques et chimiques sur les sels doubles haloïdes du platine, XXXVIII, 297. — Sur quelques sels du bichlorure de palladium, XXXVIII, 374.
Trève. Action du magnétisme sur les gaz, XXXVII, 182.
Tyndall, *J*. De la poussière qui flotte dans l'air, XXXVII, 229. — Polarisation de la chaleur, XXXVIII, 196. — Couleur du lac de Genève et de la Méditerranée, XXXIX, 343.

V

Vierordt, *C*. Emploi du spectroscope pour la mesure de l'absorption de la lumière au travers des corps transparents, XXXIX, 75.
Vierth, *E.-H*. Vibrations des lames d'air, XXXVII, 190.
Violle, *J*. Equivalent mécanique de la chaleur, XXXIX, 63.
Vionnet, *P*. Affleurements de mollasse, XXXVII, 309.

W

Waldeyer, *W*. L'ovaire et l'œuf, XXXVIII, 377.
Wallace, *Alfred-Russel*. Théorie de la sélection naturelle, XXXVIII, 160.
Warburg, *E*. Effet du son sur le magnétisme du fer, XXXVII, 270.
Wartmann, *E*. Méthode nouvelle pour déterminer les capacités calorifiques des corps liquides, XXXVIII, 62.
Wheatstone, *Charles*. Sur une cause d'erreur dans les expériences électroscopiques, XXXVIII, 352.
Wolf, *Rodolphe*. Publications diverses, XXXVIII, 292.
Wüllner. Spectres des gaz à différentes températures, XXXVII, 262.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

3 2044 072 181 894

Digitized by Google